

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Vytvoření nové technologie obrobení výkovku ve firmě

L.K.F. Kovo, s.r.o.

Design of a New Technology for Machining of Forgings in

L.K.F. Kovo, s.r.o.

**Student:**

**Bc. Karel Zbořil**

**Vedoucí diplomové práce:**

**Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Ostrava 2017

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Karel Zbořil**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 20 Strojírenská technologie  
Téma: Vytvoření nové technologie obrobení výkovku ve firmě L.K.F. Kovo,  
S.r.o.  
Design of a New Technology for Machining of Forgings in L.K.F.  
Kovo, s.r.o.  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor daného problému.
3. Návrh řešení dané problematiky.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.  
[2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.  
[3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

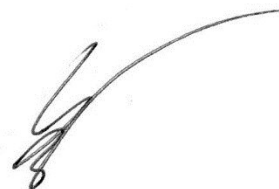
Konzultant diplomové práce: Ing. Tomáš Staněk

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě... 15.5.2017



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 15.5.2017



Podpis studenta

Karel Zbořil

Na Struhách 515

Vamberk

517 54

## **Anotace diplomové práce**

Zbořil, K. *Vytvoření nové technologie obrobení výkovku ve firmě L.K.F. Kovo s.r.o.:* diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2017, 73 s. Vedoucí práce: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá vytvořením nové efektivnější technologie obrobení výkovku ve firmě L.K.F. Kovo s.r.o., kvůli plánu vyšší sériovosti daného výrobku. Úvodní část práce se zabývá teoretickým rozбором dané problematiky. Následoval průzkum současného stavu obrábění a na základě analýzy byly určeny nedostatky v procesu přípravy výroby a v procesu obrábění. Dále byl vypracován návrh na změnu technologického postupu a tím zefektivnění výrobního procesu. Po aplikaci nové technologie obrábění bylo provedeno, pomocí snímku pracovní operace, měření časové náročnosti výroby. Na závěr bylo vypracováno porovnání původní technologie obrábění s novou technologií výrobního procesu.

Diplomovou prací bylo dosaženo zefektivnění výrobního procesu obrábění, konkrétně snížení časové náročnosti téměř o 45%.

## **Annotation of the diploma thesis**

Zbořil, K. *Creation of a new technology of forging in L.K.F. Kovo s.r.o.:* diploma thesis. Ostrava: Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2017, 73 s. Supervisor of thesis: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

This diploma thesis deals with the creation of a new, more efficient, forgery process in L.K.F. Kovo s.r.o., due to the higher series of the product. The introductory part deals with the theoretical analysis of the given issue. This was followed by a survey of the current state of machining and, on the basis of the analysis, shortcomings were identified in the process of production preparation and in the machining process. In addition, a proposal was made to change the technological process and thereby make the production process more efficient. After the application of the new machining technology, measurements of the production time were performed using a work operation slide. Finally, a comparison of the original machining technology with the new production process technology was made.

The diploma thesis achieved the efficiency of the production process of machining, namely the reduction of the time requirement by almost 45%.

## Obsah

1	Úvod .....	8
1.1	Požadovaný cíl práce .....	9
2	Teoretický rozbor daného problému .....	10
2.1	Historie společnosti L.K.F. Kovo s.r.o .....	10
2.2	Současnost společnosti L.K.F. Kovo s.r.o. ....	10
2.3	Obrobek OKO PEWAG.....	11
2.4	Teoretický rozbor daného problému .....	12
2.5	Rozbor technologických problémů při opracování výkovku OKO PEWAG .....	12
2.6	Popis stávajícího postupu obrábění výkovku.....	13
2.7	Nástroje a vybavení využívané při původní technologii opracování výkovku OKO PEWAG .....	13
2.8	Úvod do problematiky .....	31
2.9	Obrobek.....	31
2.10	Technologie obrábění.....	32
2.11	Technologické charakteristiky obráběcího procesu.....	32
2.12	Nástrojové materiály .....	33
2.13	Technologie soustružení .....	34
2.14	Technologie obrábění vrtání .....	35
2.15	Rozměrová a tvarová přesnost .....	35
3	Návrh řešení dané problematiky .....	36
3.1	Návrh nové technologie obrábění výkovku .....	36
3.2	Nástroje a vybavení využívané při nové navržené technologii obrábění výkovku OKO PEWAG.....	38
4	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	56
4.1	Rozbor časové náročnosti jednotlivých operací původní technologie obrábění.....	56
4.2	Zhodnocení časové náročnosti nové technologie obrábění .....	61
4.3	Porovnání časové náročnosti nové a původní technologie .....	64
4.4	Ekonomické zhodnocení nové technologie obrábění .....	66
4.5	Docílení aplikací nově navržené technologie obrábění .....	69
5	Závěr.....	70
	Seznam použitých zdrojů.....	71
	Seznam příloh.....	73

### **Seznam použitých značek a symbolů:**

CNC	(Computer Numerical Control) počítačem číslicově řízený (stroj)
n	otáčky vřetene [ $\text{min}^{-1}$ ]
vc	řezná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
ap	hloubka řezu [mm]
f	posuv [mm]

# 1 Úvod

Inovace, racionalizace, efektivita s těmito pojmy se ve firmách můžeme poslední dobou setkávat čím dál častěji. Technický pokrok a vývoj se neustále zrychluje. Z tohoto důvodu jsou kladeny vyšší a vyšší nároky nejen na nástroje a stroje, ale i na operátory a programátory strojů. Výrobní procesy je nutné neustále optimalizovat neboť konkurenční boj má za následek požadavky na čím dál nižší ceny a s tím souvisí zkracování výrobních, manipulačních a přípravných časů při výrobě.

Jednou z možností je například změna technologie výroby. Změna, při které můžeme nahradit staré nástroje za moderní výkonnější, nebo změna technologického postupu, která bude mít za následek možnost odstranit některou z operací, nebo podmínky obrábění.

Ve své diplomové práci budu navrhovat inovativní technologii obrábění výkovku OKO PEWAG. Tato součástka byla vybrána proto, jelikož dosavadní technologie obrábění byla nevyhovující. Dosavadní obrábění s sebou nese velké množství technických problémů, jak z pohledu obráběcích a přípravných časů, tak metrologických a rozměrových vlastností.

Práce byla prováděna ve spolupráci se společností L.K.F. Kovo s.r.o. Tato firma je menší rodinnou firmou, která se zabývá malosériovou a kusovou výrobou. Možnosti výroby této menší společnosti je dostačující k tomu, aby pokryl většinu poptávaných a požadovaných výrobních zakázek. V případě kusový nebo několikakusových malých zakázek, je technologický postup řešen tak, aby nebylo nutné zakupování, vyvíjení nebo konstruování speciálních přípravků. To je i případ výkovku OKO PEWAG, kterým se zabývá tato diplomová práce. První zkušební zakázka obsahovala pouze 5ks a dále nebylo jisté, zda se bude ještě v budoucnu opakovat.

V první části práce se budu zabývat společností L.K.F. Kovo s.r.o., struktura společnosti, vybavení dílny, popis výrobku OKO PEWAG včetně použitého materiálu a požadovaných vlastností.

V druhé části práce bude uveden rozbor problémů a nedostatků při obrábění a stávající obráběcí časy. Dále se bude tato část zabývat využitými stoji, nástroji, řeznými podmínkami a speciálními přípravkami využívanými při stávající výrobě. Byla provedena analýza časové náročností původní technologie procesu. Dále bude uveden návrh nové technologie obrábění výkovku. Budou zde pečlivě uvedeny použité stroje, nástroje, návrhy řezných podmínek, speciálních přípravků a následně přípravků pro přesné měření obrobených výkovků. Bude provedena aplikace navržených inovací a následná časová analýza nové technologie.



V další části bude uvedeno technicko-ekonomické zhodnocení dosavadní technologie výroby a inovativní technologie výroby. Bude zde také zahrnut rozbor časů, které jsou potřebné pro přípravu obrábění a čas samotného obrábění. Finanční náklady na výrobu obráběcích přípravků, přípravku pro měření a kalkulace nákladů na obrábění.

Cílem práce je snížení obráběcích a manipulačních časů, zjednodušení upínání a měření, tedy snížení finančních nákladů na obrábění dané součásti. Mělo by být docíleno zvýšení kvality obrábění a tím zvýšení přesnosti rozměrů. Také bude provedena změna obráběcího stroje, čímž se úplně eliminuje nutnost použití dalšího obráběcího stroje a tím pádem se ještě sníží výrobní náklady.

### **1.1 Požadovaný cíl práce**

Spolu s majitelem společnosti L.K.F. Kovo s.r.o. byly stanoveny následující cíle práce.

- Rozbor a popis současné technologie obrábění výkovku.
- Určení technologických nedostatků při současné výrobě.
- Návrh nové technologie výroby, včetně přípravků.
- Aplikace inovační technologie výroby.
- Technicko-ekonomické zhodnocení inovativní metody technologie obrábění.

## **2 Teoretický rozbor daného problému**

V této části bude představena firma L.K.F. Kovo s.r.o., díky které vznikla tato diplomová práce. Bude zde představen obráběný výkovek, který je hlavním objektem této práce, konkrétně výkovek OKO PEWAG. Následně zde bude uveden popis původní technologie obrábění výkovku OKO PEWAG a dále zhodnocení správnosti zvolené technologie obrábění. V případě zjištění nedostatků bude navrženo řešení, které by proces obrábění zefektivnil jak po časové stránce, tak s tím související snížení výrobních a režijních nákladů firmy.

### **2.1 Historie společnosti L.K.F. Kovo s.r.o**

Firma L.K.F kovo s.r.o. byla založena v roce 2002 p. Karlem Fišerem. První obráběcí stroj v této společnosti byl soustruh TOS SV18R, který je ve společnosti až do dnešního dne. Zpočátku pracovali jako kooperační společnost pro jednu menší místní firmu, která dodávala pouze jednoduché zakázky, u kterých nebyl zapotřebí žádný další kovoobráběcí stroj. Následně firma L.K.F kovo s.r.o. začala spolupracovat s mezinárodní společností z nedalekého Žamberka, od které se náročnost zakázek značně zvýšila a bylo nutné zakoupení pásové pily, stojanové vrtačky a klasické horizontální frézky.

Zakázek bylo čím dál více a přibývalo i sériových zakázek, bylo tedy nutné se porozhlédnout po efektivnějším stroji, který by usnadnil a zrychlil sériovou výrobu. Po pečlivém vybírání a absolvování strojírenského veletrhu padla volba na CNC soustruh Haas SL10. S tímto strojem a se zastoupením této značky v ČR byli ve firmě velmi spokojeni, proto v průběhu dalšího roku byl od této společnosti Haas nakoupen ještě jeden CNC soustruh SL10 a obráběcí frézovací centrum Haas VF-2SS. Zakoupené soustruhy Haas SL10 neměli možnost umístění poháněných nástrojů, ale tato technologie obrábění se objevovala u stále více zakázek, byl následující rok pořízen nový CNC soustruh od Korejské společnosti Doosan typ Lynx 220 LM právě s možností umístění poháněcích nástrojů, což je velká výhoda při soustružení složitějších součástí například s otvory mimo osu výrobku nebo drážkami či ploškami na povrchu rotačních součástí.

### **2.2 Současnost společnosti L.K.F. Kovo s.r.o.**

Společnost LKF kovo s.r.o. má dnes 5 stálých zaměstnanců. Hlavní činností firmy je kooperace pro 2 velké nedaleké firmy, které dodávají své výrobky a stroje do celé Evropy. Nyní jsou ve firmě 3 ks CNC soustruhy, 1 ks CNC obráběcí frézovací centrum, 1 ks NC pásová pila, 1 ks manuální pásová pila, 1 ks Sloupová vrtačka, 1 ks klasická horizontální frézka, 1 ks klasický soustruh SV18R.

V nejbližší době vzhledem k neustálému růstu počtu zakázek je v plánu nákup nového CNC soustruhu s poháněcími nástroji od společnosti Haas. Jelikož se jedná o menší rodinnou firmu, nejsou zde žádné technologové ani žádné softwarové programy pro zefektivňování výroby. Většinu zaměstnanců tvoří samostatní zodpovědní pracovníci z oboru, proto zmetkovitost je velice nízká a produktivita naopak vysoká. Občas je poptávka po složitějším výrobku nebo obrábění odlitku či výkovku, tato situace nastala i v případě této závěrečné práce.

## 2.3 Obrobek OKO PEWAG

V této části bude uveden stručný popis výkovku OKO PEWAG (viz obr. 2.1).



Obrázek 2.1 Výkovek OKO PEWAG

Výkovek oka bude sloužit jako oko pro transport obráběcích strojů. Proto jsou na materiál oka kladeny vysoké nároky z hlediska mechanických vlastností. Toto konkrétní transportní oko by mělo být schopno unést břemeno o váze 8 – 12,5 tun.

### 2.3.1 Materiál výkovku OKO PEWAG EN 10027-1

Obsah uhlíku je od 0,06% do 0,09%. Jedná se o ocele nelegované a jsou jedny z nejvyužívanějších ocelí. Tuto ocel můžeme rozdělit do několika podskupin: Ocele cementované (obsah uhlíku do 0,2%), ocel na zušlechťování (obsah uhlíku od 0,4-0,6%), ocele

na povrchové kalení (obsah uhlíku 0,4 – 0,6%) a ocele na patentové dráty (obsah uhlíku od 0,3-1,0%). [1]

### Chemické složení (rozbor tavby) v %

V tabulce 2.1 bude uvedeno procentuální chemické složení oceli, ze které jsou vyrobeny výkovky OKO PEWAG.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
0,32-0,4%	0,5-0,8%	0,15-0,4%	Max 0,04%	Max 0,04%	Max 0,25%	Max 0,3%	Max 0,3%

Tabulka 2.1 Chemické složení oceli

### Mechanické vlastnosti

V tabulce 2.2 budou uvedeny mechanické vlastnosti oceli EN 10027-1.

Mechanické vlastnosti	Tepelně nezpracované
Pevnost v tahu $R_m$ [MPa]	600-750
Mez kluzu $R_e$ [Mpa]	370

Tabulka 2.2 Mechanické vlastnosti oceli

### Charakteristika oceli a příklady použití

Tato ocel se využívá na velké hřídele spalovacích motorů, čerpadel a parních strojů, transmisní hřídele, šrouby, pístnice, ojnice, hřídele a věnce těžních strojů, jeřábové háky apod. [2]

## 2.4 Teoretický rozbor daného problému

V této části práce bude uveden přehled technologií použitých ve zkoumaném procesu obrábění a bude zde také obecně popsána problematika třískového obrábění. Dále budou uvedeny technologické problémy, které jsou spojeny s obráběním výkovku OKO PEWAG.

## 2.5 Rozbor technologických problémů při opracování výkovku OKO PEWAG

Při obrábění výkovku je největší technologický problém bezesporu tvar součástí. Nejedná se o klasickou válcovou součást, ale oko s nepravidelným tvarem. Samotné upnutí je velmi obtížné, neboť upínací válcová plocha je velmi malá. Problémy nám také dělá spoj, který

vzniká při výrobě výkovku a nelze tomuto nedostatku zabránit. Tento spoj musíme brát v potaz při upínání obrobku, aby nedošlo k osovému házení. Upnutí musí být dostatečně tuhé a pevné, aby vlivem obrábění nedošlo k vytažení kusu z čelistí a tím i destrukci obráběcího nástroje nebo dokonce stroje.

Další technologický problém je materiál součásti. Samotný materiál EN 10027-1 není tak špatně obrobitelný, ale v případě výkovku mohou být na povrchu zapečené různá tvrdá zrna, která mohou způsobit rychlé opotřebení výměnných břitových destiček.

## **2.6 Popis stávajícího postupu obrábění výkovku**

V následující tabulce 2.6 bude uveden původní technologický postup výroby součástky. Tento technologický postup byl navržen tak, aby byl co nejjednodušší, jelikož se jednalo o vývojovou zakázku, která činila pouhých 5ks. V případě takto malé zakázky, u níž není jistota budoucího opakování, bylo využito strojní vybavení, kterým firma disponuje. Z tohoto důvodu byly při výrobě pro upnutí výkovku využity tvrdé univerzální čelisti. Z hlediska optimální přesnosti upnutí výkovku by bylo vhodné použití měkkých čelistí, avšak výroba měkkých čelistí je příliš nákladná na to, aby byly kvůli takto malé sérii 5ks vyrobeny. Navíc se měkké čelisti musí přizpůsobit, pomocí soustružení, tvaru obrobku, aby upnutí bylo co nejkvalitnější. S tím je spojené navýšení nákladů na obrábění a tedy i finální cena obrobku. Stejně tak vývoj a výroba dalších přípravků, které by výrobu usnadnily, u takto malé zakázky není efektivní.

V případě značné navýšení zakázky, v tomto případě na 50ks, se již vyplatí obráběcí proces zjednodušit a zrychlit pomocí technologických inovací. Tím se bude zabývat tato diplomová práce. Původní technologie obrábění byla prováděna postupně na dvou CNC strojích. Operace soustružení byla prováděna na CNC soustruhu Haas SL10 (viz kapitola 2.7.3). Operace vrtání byla prováděna na CNC frézovacím centru Haas VF 2SS (viz kapitola 2.7.4).

## **2.7 Nástroje a vybavení využívané při původní technologii opracování výkovku OKO PEWAG**

V této kapitole byly uvedeny nástroje a vybavení, které byly použity v původní technologii obrábění výkovku, a to včetně ustavování obrobku do sklíčidla. Seřazeny byly přesně tak, v jakém sledu byly uvedeny v technologickém postupu (viz kapitola 2.7.5)

### 2.7.1 Příprava a ustavení výkovku

Aby bylo dosaženo požadované kvality obrobeného výkovku, je nutné, aby i vstupní polotovar byl požadované kvality. Před samotným upnutím výkovku do tvrdých čelistí (viz obr 2.3) sklíčidla je nutné, aby operátor provedl přeměření základních rozměrů pomocí posuvného měřítka a provedl vizuální kontrolu tvaru polotovaru (viz techn. postup kapitola 2.7.5 operace č.1). Pro správné ustavení výkovku do tvrdých čelistí tříčelistového sklíčidla byl použit číselníkový úchylkoměr s magnetickým držákem (viz obr 2.2). Ustavením se rozumí, že upnutí v čelistech musí být takové, aby osová házivost výkovku byla co možná nejmenší. Pracovník po upnutí výkovku do čelistí sklíčidla soustruhu přiložil úchylkoměr a na několika místech kontroloval házivost (viz techn. postup tab. 2.6 op. č.2.1). V případě, že házivost byla vyšší než 0,05mm, čelisti sklíčidla byly povoleny a výkovek pootočen. Tento postup operátor opakoval, dokud požadovaná osová házivost 0,05 nebyla splněna. Tento způsob byl velmi zdlouhavý, a proto byla navržena nová technologie, která by tuto operaci ustavení zcela eliminovala.



Obrázek 2.2 číselníkový úchylkoměr s magnetickým držákem



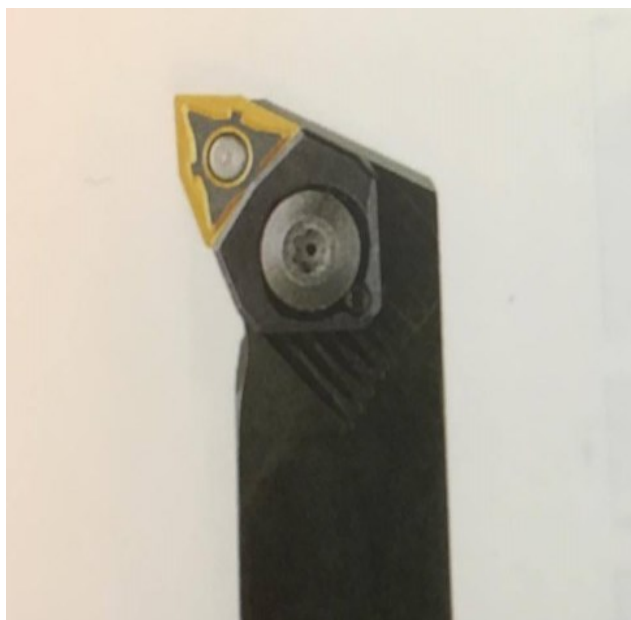
Obrázek 2.3 Tvrdé upínací čelisti využité u původní technologie obrábění

### 2.7.2 Obrábění

K operaci soustružení v původní technologii obrábění (viz technologický postup viz kapitola 2.7.5 operace 2.2 až 2.6) byly využity následující soustružnické držáky výměnných břitových destiček. V následující části si popíšeme jednotlivé soustružnické držáky, výměnné břitové destičky a budou zde uvedeny i doporučené řezné podmínky dané přímo výrobcem.

#### **Soustružnický nůž čelní stranový ubírací SECO PWLNR 2020K06**

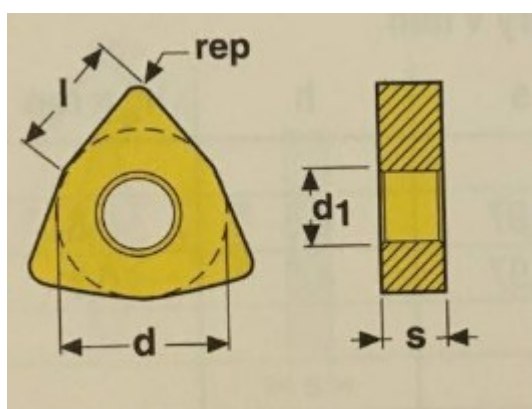
Tento soustružnický nůž je ve firmě L.K.F. Kovo s.r.o nejčastěji používaný nůž. Využívá se většinou na hrubovací operace a to jak čelního soustružení, tak i při podélném soustružení. Vhodný je na všechny druhy obráběných materiálů, stačí pouze vložit vhodnou břitovou destičku. Využit je dle technologického postupu (viz kapitola 2.7.5) v operaci č.2.1



Obrázek 2.4 Soustružnický nůž čelní stranový ubírací SECO PWLNR 2020K06

### **Výměnné břitové destičky WNMG 060412-MF1-CP500**

Břitové destičky pro držák VBD s označením SECO PWLNR 2020K06 volíme dle obráběného materiálu, požadovaného povrchu a případně i požadované přesnosti. Do tohoto držáku jsou vhodné destičky s označením WNMA a WNMG. Na obrázku 2.5 je vidět tvar výměnné břitové destičky. V tabulce 2.3 jsou porovnány řezné parametry doporučené výrobcem s řeznými parametry, které byly použity u původní technologie obrábění.



Obrázek 2.5 Tvar výměnné břitové destičky WNMG 060412-MF1-CP500 [3]



V tabulce 2.3 bude uvedeno porovnání doporučených řezných parametrů od výrobce s parametry, které byly zadány v původní technologii obrábění.

Parametr	Doporučené výrobcem	Použité u původní technologie
Řezná rychlost [m/min]	150-265	220
Posuv [mm]	0,085 – 0,25	0,20 - 0,25
Hloubka třísky [mm]	0,5-4	1 - 2

Tabulka 2.3 Porovnání řezných podmínek doporučených výrobcem s podmínkami použitými v původní technologii obrábění

### Soustružnický nůž čelní stranový ubírací SECO SDHCL 2020K11

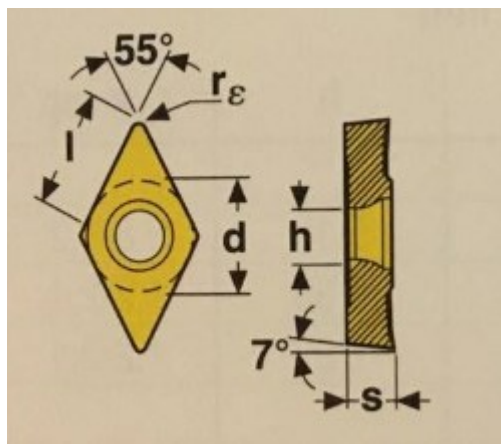
Tento soustružnický držák výměnných břitových destiček je ve firmě L. K. F. Kovo s.r.o. využíván jako kopírovací nůž na dokončovací operace.



Obrázek 2.6 Soustružnický nůž čelní stranový ubírací SECO SDHCL 2020K11

### Výměnné břitové destičky DCMW 070204E-L0-B

Do držáku výměnných břitových destiček s označením SECO SDHCL 2020K11 se vkládá břitová destička s označením DCMW. Tvar destičky je uveden na obrázku 2.7.



Obrázek 2.7 Výměnné břitové destičky DCMW 070204E-L0-B [3]

V tabulce 2.4 bude uvedeno porovnání doporučených řezných parametrů od výrobce s parametry, které byly zadány v původní technologii obrábění.

Parametr	Doporučené výrobcem	Použité u původní technologie
Řezná rychlost [m/min]	235	180
Posuv [mm]	0,16	0,18
Hloubka třísky [mm]	0,5-2	1

Tabulka 2.4 Porovnání řezných podmínek doporučených výrobcem s podmínkami použitými v původní technologii obrábění [3]

### Soustružnický zapichovací nůž pravý AKKO ADKT-ZCC2-R-2020-4-T20

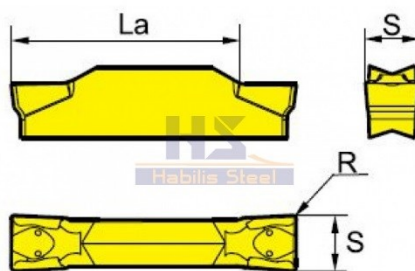
Tento soustružnický zapichovací nůž se ve firmě využívá k zapichovacím operacím, které jsou kolmé na osu obrobku. U původního obráběcího procesu byl použit při hrubování rádiusu (viz původní technologický postup kapitola 2.7.5 operace 2.4). [4]



Obrázek 2.8 Zapichovací nůž pravý AKKO ADKT-ZCC2-R-2020-4-T20 [4]

### Výměnné břitové destičky ZCC CT typ ZTKD 0608-MG, YBG302

Na obr. 2.9 je vyobrazen tvar výměnné břitové destičky, který se vkládá do držáku břitových destiček s označením AKKO ADKT-ZCC2-R-2020-4-T20. [4]



Obrázek 2.9 Tvar výměnné břitové destičky ZCC CT typ ZTKD 0608-MG, YBG302 [4]

V tabulce 2.5 bude uvedeno porovnání doporučených řezných parametrů od výrobce s parametry, které byly zadány v původní technologii obrábění.

Parametr	Doporučené výrobcem	Použité u původní technologie
Řezná rychlost [m/min]	140	180
Posuv [mm]	0,1	0,18
Hloubka třísky [mm]	x	x

Tabulka 2.5 Porovnání řezných podmínek doporučených výrobcem s podmínkami použitými v původní technologii obrábění

### Vnější zapichovací nůž levý WNT MSS-E20L00-2020J

Tento zapichovací nůž je ve firmě L.K.F. Kovo využíván pro zapichovací operace pro soustružení zápichů různých šířek a tvarů. Výhodou tohoto soustružnického držáku výměnných břitových destiček je možnost výměny koncové části držáku. V případě výměny konce držáku je možné využívat různé druhy výměnných břitových destiček. Tato možnost byla využita i v případě obrábění výkovku OKO PEWAG. Byl nasazen výměnný konec pro upnutí výměnné břitové destičky s rádiusovým tvarem (viz obr. 2.11) [5]



Obrázek 2.10 Vnější zapichovací nůž levý MSS-E20L00-2020J

### Výměnné břitové destičky GX16-2E3.00N0. HRC1335

Na obr. 2.11 je vyobrazen tvar výměnné břitové destičky, který je vložen do držáku břitových destiček s označením MSS-E20L00-2020J. V tabulce 2.6 jsou uvedeny řezné podmínky doporučené výrobcem a řezné podmínky, které byly použity při obrábění. [5]



Obrázek 2.11 Výměnná břitová destička GX16-2E3.00N0. HRC1335

V tabulce 2.6 bude uvedeno porovnání doporučených řezných parametrů od výrobce s parametry, které byly zadány v původní technologii obrábění.

Parametr	Doporučené výrobcem	Použité u nově navržené technologie
<b>Řezná rychlost [m/min]</b>	70-250	180
<b>Posuv [mm]</b>	0,05-0,12	0,12
<b>Hloubka třísky [mm]</b>	0,5-2	0,5

Tabulka 2.6 Porovnání řezných podmínek doporučených výrobcem s podmínkami použitými v původní technologii obrábění [5]

### 2.7.3 Výrobní zařízení Haas SL10

CNC soustruh Haas SL10, viz. obr. 2.12, na kterém bylo prováděno obrábění výkovku, byl ve firmě pořízen jako první CNC soustruh. Nejen na tomto soustruhu, ale i na všech ostatních CNC obráběcích strojích, je využíván systém FANUC.



Obrázek 2.12 CNC soustruh Haas SL10

Konkrétně na tomto stroji není instalováno podávací zařízení materiálu, tedy zařízení, které by dle požadavku operátora posunovalo materiál při sériové výrobě, proto je využíván pouze pro výrobu z předem nařezaných kusů. Ve firmě je ještě jeden totožný stroj, ke kterému je připojeno zařízení pro podávání materiálu a díky tomu je možné vyrábět sériovou a velkosériovou výrobu. Někdy jsou na tomto stroji s podavačem vyráběny i zakázky činící 10 000 a více kusů.

V následující tabulce 2.7 jsou uvedeny parametry stroje.

<b>Rozsahy průměrů</b>	<b>Metrické</b>
Maximální točný průměr	419 mm
<b>Rozměry</b>	<b>Metrické</b>
Velikost sklíčidla	165 mm
Maximální průměr řezu	356 mm
Maximální délka řezu	406 mm
Průměr otvoru ve vřetenu	44 mm
<b>Posuvy a rychlosti</b>	<b>Metrické</b>
X Osa	200.2 mm
Z Osa	406 mm
Posuv v ose X	30.5 m/min
Posuv v ose Z	30.5 m/min
Max zatížení X	14679 N
Max zatížení Z	14679 N



<b>Vřeteno</b>	<b>Metrické</b>
Max výkon	11.2 kW
Max otáčky	6000 rpm
Max točivý moment	102 Nm @ 1300 rpm
Nosník vřetena	A2-5
Průměr vřetena $\varnothing$	58.7 mm
<b>Nástroje</b>	<b>Metrické</b>
Počet nástrojů	12 otvorů pro nástroje
OD vs ID nástroje	Libovolná kombinace
<b>Všeobecné parametry</b>	<b>Metrické</b>
Požadovaný vzduch pro provoz	113 L/min, 6.9 bar
Kapacita chladicí kapaliny	114 L

Tabulka 2.7 Parametry CNC soustruhu Haas SL10 [6]

#### 2.7.4 . Výrobní zařízení Haas VF2-SS

CNC frézovací obráběcí centrum Haas VF2-SS (viz. obr. 2.13) je ve firmě od roku 2015. Ve stroji je systém FANUC a označení SS je označení pro super-speed, což udává, že je stroj schopen obrábět vyššími otáčkami a posuvy.



Obrázek 2.13 CNC frézovací centrum Haas VF2-SS

V následující tabulce 2.8 jsou uvedeny parametry stroje.

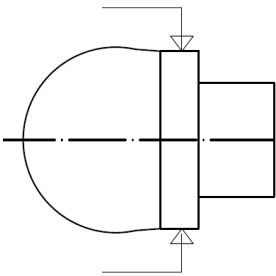
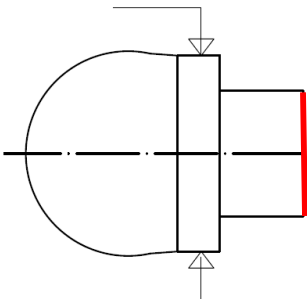
<b>Rozsahy posuvů</b>	<b>Hodnota</b>
Osa X	762 mm
Osa Y	406 mm
Osa Z	508 mm
Maximální vzdálenost vřetena od stolu (~ max)	610 mm
Minimální vzdálenost vřetena od stolu (~ min)	102 mm
<b>Stůl</b>	<b>Hodnota</b>
Délka	914 mm
Šířka	356 mm
T-drážky šířka	16 mm
T-drážky osová rozteč	125.0 mm
Maximální hmotnost obrobku.	680 kg
<b>Vřeteno</b>	<b>Hodnota</b>
Maximální výkon	22.4 kW
Maximální otáčky	12000 rpm
Max krouticí moment	122 Nm @ 2000 rpm
Řídicí systém	Fanuc
Mazání ložisek	Vzduch/olej vstřikování
Chlazení	Řezná kapalina (emulze)
<b>Rychlosti posuvu</b>	<b>Hodnota</b>
Rychloposuv v ose X	35.6 m/min
Rychloposuv v ose Y	35.6 m/min
Rychloposuv v ose Z	35.6 m/min
Maximální řezný posuv	21.2 m/min
<b>Zatížení servomotorů</b>	<b>Hodnota</b>
Max tah osy X	8874 N
Max tah osy Y	8874 N
Max tah osy Z	13723 N
<b>Výměna nástrojů</b>	<b>Hodnota</b>
Typ	SMTc
Kapacita	24+1
Maximální průměr nástroje (sousední lůžko prázdné)	127 mm
Maximální průměr nástroje (sousední lůžko plné)	76 mm
Maximální délka nástroje	279 mm
Maximální hmotnost nástroje	5 kg
<b>Provoz</b>	<b>Hodnota</b>
Spotřeba vzduchu	113 L/min, 6.9 bar
Nádrž chladicí kapaliny	208 L

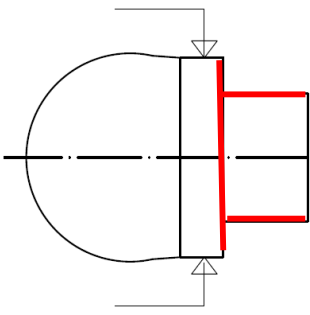
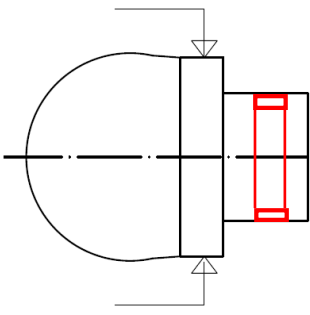
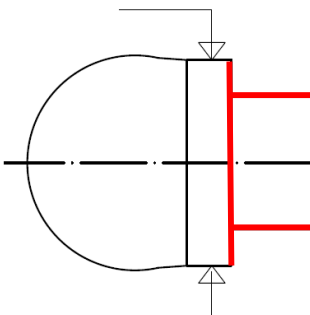
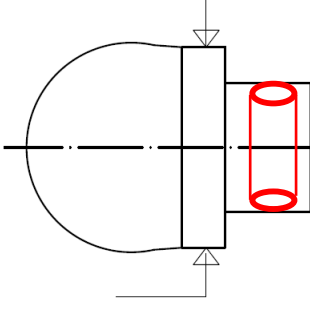
Tabulka 2.8 Parametry CNC frézovacího centra Haas VF2-SS [6]

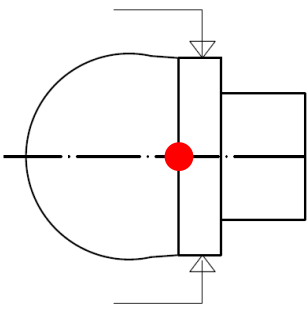
## 2.7.5 Technologický postup výroby

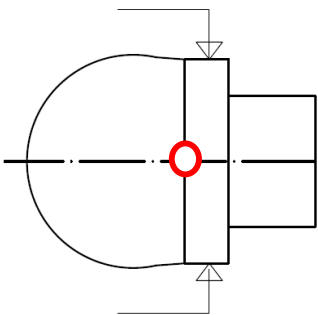
Bude zde uveden původní technologický postup obrábění výkovku OKO PEWAG, který byl zaveden na základě malé zakázky (5ks).



Č. Op .	Popis práce	Schéma operace	Stroj	Nástroj, měřidlo	Poznámky
1.	Kontrola tvarové správnosti přijatých výkovků.	x	x	Posuvné měřidlo.	Tvarově odlišné kusy vyřadit.
2.	Upnutí odlitku do tvrdých čelistí sklíčidla.		CNC soustruh Haas SL10	Tvrdé upínací čelisti	Hydraulický upínací tlak čelistí-2BAR
2.1	Vyrovnání kusu z hlediska házivosti.	x	CNC soustruh Haas SL10	Ručičkový úchylkoměr.	Vyrovnat na minimální házivost z hlediska dodržení sousostí výrobku.
	Obrábění dle program O00654	x	CNC soustruh Haas SL10	x	x
2.2	Zarovnání čela výkovku-hrubování		CNC soustruh Haas SL10	Soustružnický nůž čelní stranový ubírací SECO PWLNR 2020K06	$a_p = 1\text{mm}$ $v_c = 220\text{m/min}$ $f = 0,25\text{mm}$

Č. Op .	Popis práce	Schéma operace	Stroj	Nástroj, měřidlo	Poznámky
2.3	Přetočení $\phi 73,5$ na $\phi 47,5$ - hrubování		CNC soustruh Haas SL10	Soustružnický nůž čelní stranový ubírací SECO PWLNR 2020K06	$a_p = 1\text{ mm}$ $v_c =$ $220\text{ m/min}$ $f = 0,2\text{ mm}$
2.4	Hrubování radiusu na R4,5		CNC soustruh Haas SL10	Soustružnický zapichovací nůž pravý AKKO ADKT-ZCC2- R-2020-4-T20	$v_c =$ $180\text{ m/min}$ $f = 0,18\text{ mm}$
2.5	Kopírování kontury na čisto (čelo, průměr, radius R2)		CNC soustruh Haas SL10	Soustružnický nůž čelní stranový ubírací SECO SDHCL 2020K11	$a_p = 1\text{ mm}$ $v_c =$ $180\text{ m/min}$ $f = 0,18\text{ mm}$
2.6	Kopírování radiusu R5,6 na čisto		CNC soustruh Haas SL10	Vnější zapichovací nůž levý MSS- E20L00-2020J	$a_p = 0,5\text{ mm}$ $v_c =$ $180\text{ m/min}$ $f = 0,12\text{ mm}$

Č. Op.	Popis práce	Schéma operace	Stroj	Nástroj, měřidlo	Poznámky
3	Upnutí kusu do sklíčidlovéh o přípravku na frézku.	x	Haas VF2-SS	Sklíčidlový přípravek.	Sklíčidlový přípravek musí být vyrovnán tak, aby byla osa kolmá ke stolu stroje.
3.1	Vyrovnat výkovek, aby osa frézky byla kolmá na osu otvoru oka	x	Haas VF2-SS	Úhelník, Obrobková sonda OMP40-2 s optickým přenosem signálu	x
	Vrtat otvor dle program O00250	x	Haas VF2-SS	x	x
3.2	Navrtání pro otvor $\phi 4$		Haas VF2-SS	90° CNC navrtávák Ø12	$n = 1500\text{min}^{-1}$ $f = 0,06\text{mm}$

Č. Op .	Popis práce	Schéma operace	Stroj	Nástroj, měřidlo	Poznámky
3.3	Vrtání otvoru $\phi 4$		Haas VF2-SS	Tvrdokovový vrták Ø4	$n = 1800 \text{ min}^{-1}$ $f = 0,06 \text{ mm}$
4	Kontrola rozměrové přesnosti	x	x	Posuvné měřidlo, obrobková sonda OMP40- 2 s optickým přenosem signálu, měřák na zápichy.	x

Tabulka 2.9 Technologický postup původní technologie obrábění [7]

### 2.7.6 Rozbor jednotlivých výrobních operací

V operaci č. 1 (viz tabulka 2.9 technologický postup) byla kontrola rozměrové správnosti výkovku. Tato operace byla zařazena proto, jelikož tyto oka byly stále ještě ve fázi vývoje, tudíž ne všechny kusy byly ideálně shodné. Kontrola rozměrové přesnosti byla prováděna posuvným měřítkem a hrubé tvarové nedostatky byly kontrolovány pouhým okem operátora. V případě, že by byl do tvrdých čelistí sklíčidla vložen výkovek s odlišnými rozměry, mohlo by vlivem velké hloubky třísky a tím i působení velkých řezných sil dojít k vylétnutí výkovku z čelistí sklíčidla.

V operaci č. 2 (viz tabulka 2.9 technologický postup) bylo upnutí výkovku do sklíčidla s tvrdými čelistmi. Toto upnutí bylo poměrně zdlouhavé a složité, neboť pracovník neustále musel číselníkovým úchylkoměrem kontrolovat osovou házivost obrobku, čímž v podstatě kontroloval kvalitu a souosost upnutí. V případě, že by pracovník neprovedl vyrovnání obrobku kvalitně, mohlo by vlivem osové házivosti dojít k vylétnutí výkovku z čelistí sklíčidla. Další

problém, který by mohl vzniknout při nesprávném vyrovnaní výkovku, je nedodržení rozměrové přesnosti po obrábění.

V operaci č. 2.2 (viz tabulka 2.9 technologický postup) bylo již samotné obrábění. Nejprve následovalo obrábění čela, při kterém bylo zapotřebí čelo zarovnávat postupně po menších třískách, neboť výkovek neměl čelo rovné a výkovek byl vyroben s přídavkem na opracování čela 5mm. Při zarovnání na jednu třísku by vlivem velkých řezných sil způsobených velkou hloubkou záběru hrozilo vylétnutí obrobku z čelistí nebo pohnutí v čelistech a následné osově házení.

V operaci č. 2.3 (viz tabulka 2.9 technologický postup) bylo hrubování průměru na rozměr 47mm a do hloubky 31,8mm. Hrubování bylo prováděno čelním ubíracím soustružnickým nožem s VBD. Řezné parametry, které byly zadány v původní technologii, byly oproti doporučeným řezným parametrům od výrobce, podhodnocené. V tabulce xxx je uvedeno porovnání řezných parametrů původní technologie s parametry doporučenými výrobcem daných nástrojů.

V operaci č. 2.4 (viz tabulka 2.9 technologický postup) bylo prováděno hrubování rádiusu R5,6. Hrubování bylo prováděno zapichovacím nožem s výměnou břitovou destičkou rovného tvaru a šířkou plátku 4mm a postupně hrubováním rádiusu zapichováním. Hloubka zápichu byla volena taková, aby pro dokončovací operaci kopírování zápichu byl zanechán pouze minimální přídavek na obrábění.

V operaci č. 2.5 (viz tabulka 2.9 technologický postup) bylo prováděno kopírování vnější kontury na čisto, tedy průměr 46,7mm do hloubky 32 a následně radius R2.

V operaci č. 2.6 (viz tabulka 2.9 technologický postup) byl načisto vysoustružen přesný radiusový zápich R5,6 pomocí zapichovacího soustružnického nože s radiusovou výměnnou břitovou destičkou R3.

Operace č. 3 (viz tabulka 2.9 technologický postup) se již dělala na frézovacím centru. Nejprve se výkovek upnul do sklíčidlového přípravku za průměr 46,7 tak, aby osa otvoru oka byla kolmá na osu vřeteny frézky. Po pečlivém ustavení následovalo navrtání 90° navrtávkem.

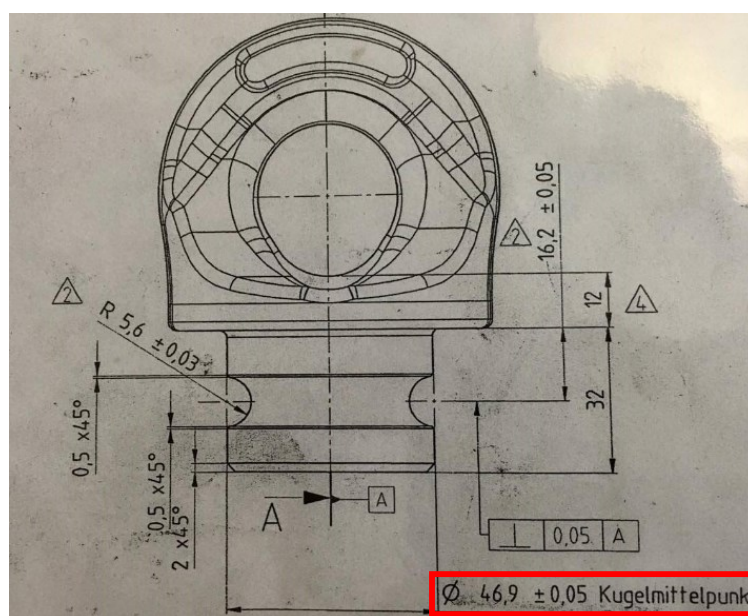
V operaci č. 3.2 a 3.3 (viz tabulka 2.9 technologický postup) operací bylo samotné vrtání, které probíhalo na stejné upnutí ve sklíčidlovém přípravku na frézovacím centru Haas VF2-SS.

Po vyjmutí výkovku z CNC frézky následovalo měření (viz operace 4 v tabulce 2.9 technologický postup). Měření průměru 46,7 s tolerancí (+0/-0,1) bylo prováděno pomocí

mikrometru. Radiusový zápich R5,6 (+/- 0,03) byl měřen pomocí přiložení radiusové měrky. Průměr roztečí středů radiusového zápichu 46,9 (+/- 0,05) byl měřen pomocí mikrometrického měřidla na zápichy. Toto měření však nebylo úplně vhodné, neboť bylo nepřesné. Některé rozměry byly změřeny pomocí obrobkové sondy OMP40-2 s optickým přenosem signálu (viz. obr. 2.16).



Obrázek 2.14 Mikrometrické měřidlo na zápichy



Obrázek 2.15 Naznačení problémového rozměru roztečí středů radiusů [1]



Obrázek 2.16 Obrobková sonda OMP40-2 s optickým přenosem signálu

## 2.8 Úvod do problematiky

Tato část práce se bude zabývat obecně problematikou technologiemi třískového obrábění, které budou nadále zmiňovány v této práci. Bude zde také nastíněna problematika kontroly a měření, obráběcích strojů, nástrojů a obrobků.

Snížení nákladů, tím spojené zrychlování a zjednodušování výrobních procesů se v dnešní době týká všech společností, které chtějí uspět v konkurenčním boji na trhu. Snižováním výrobních nákladů a s tím spojené zvyšování zisku nebo snižování cen nabízené pro odběratele. Tím se zlepšuje konkurenceschopnost a možnost nabídnutí lepší cenové nabídky pro potencionálního zákazníka.

## 2.9 Obrobek

Obecně můžeme říci, že obrobek je základním objektem obráběcího procesu. Obrobek můžeme chápat jako polotovar, který vstupuje do procesu obrábění. Polotovary můžeme rozdělit na polotovary **normalizované**, kde se jedná o normalizované tyče, profily, plechy, a různé válcované profily. Další druh polotovaru jsou polotovary **nenormalizované**, kde si tvar určí zákazník dle požadovaných vlastností a konstrukčních návrhů. Jedná se především o různé výkovky, odlitky, výlisky apod. Z geometrického hlediska je charakterizován obráběnou, obrobenou a přechodovou plochou. Obráběná plocha je taková plocha, která bude obrobená řezáním. Obrobená plocha je plocha, která je získaná jako výsledek řezného procesu. Další je plocha přechodová, jedná se o část povrchu obrobku, která je vytvořena působením ostří nástroje během zdvihu nebo otáčky nástroje nebo obrobku.

Výstupem každého obráběcího procesu je obrobená plocha, která je z technologického hlediska určena rozměry, tvarem, polohou, strukturou povrchu a vlastnostmi povrchové vrstvy. Obrobená plocha je charakterizována souborem parametrů, které se vztahují k jmenovité ploše, jedná se především o tyto parametry: úchylka tvaru, úchylka polohy, struktura povrchu, vlastnosti povrchové vrstvy. Jednotlivé parametry obrobené plochy můžeme shrnout obecně funkcí souboru technologických faktorů, které souvisí s vlastnostmi obráběcího stroje, nástroje, obrobku, upínačů a hodnotami řezných podmínek.

## **2.10 Technologie obrábění**

Vědní obor technologie obrábění zkoumá, studuje a analyzuje vzájemné souvislosti a faktory obráběcích procesů jako integrální složky výrobního procesu strojírenských součástí. Samotný obráběcí proces se realizuje v obráběcím systému, který můžeme členit na jednotlivé subsystémy obráběcích strojů, nástrojů, různých prostředků pro manipulaci a obráběcího prostředí.

Obrábění jako takové, je proces deterministický ve smyslu, že v případě dvou pracovníků, kteří vycházejí ze stejných technologických podmínek, by měli dojít ke stejným výsledkům. Technologie mechanická je proces, při kterém odebíráme řezáním částice materiálu ve formě třísek. Touto technologií vytvoříme plochy s požadovanými vlastnostmi, jako je tvar, rozměr, struktury povrchu, vlastností povrchové vrstvy, geometrické přesnosti.(2) Objekt obráběcího procesu je obrobek a základním výstupem obráběcího procesu jsou příslušné obrobené plochy.[8]

## **2.11 Technologické charakteristiky obráběcího procesu**

Při procesu obrábění dochází k oddělování částic materiálu obrobku břitem nástroje. Tento jev fyzikálně-mechanického oddělování materiálu obrobku je specifikován jako řezání, tj. řezný proces. Můžeme rozlišovat, dle způsobu oddělování, řezný proces kontinuální (soustružení, vrtání, vyvrtávání), diskontinuální (hoblování, obrážení) a cyklický (frézování, broušení). Každý řezný proces je uskutečňován za určitých řezných podmínek, které jsou součástí obráběcích podmínek.

### **2.11.1 Nástroj**

Nástroj společně s obrobkem umožňuje samotnou realizaci řezného procesu. Nástroj můžeme z geometrického hlediska charakterizovat svými prvky, plochami, ostřími, a rozměry ostří. [9]



## 2.12 Nástrojové materiály

### Řezné nástroje

Můžeme je dle výroby dělit na

- monolitní- charakterizují se tím, že břity i tělo jsou vyrobeny z jednoho kusu;
- s pájenými břity- charakterizují se tím, že na tělo, které je vyrobeno z konstrukční oceli, se napájí břity např. ze slinutého karbidu.
- s vyměnitelnými břitovými destičkami – charakterizovány jsou tím, že tělo je vyrobeno z konstrukční oceli a břity jsou vyrobeny ve formě výměnných břitových destiček různých materiálů, nejčastěji slinutého karbidu (dále SK).

#### 2.12.1 Rychlořezné oceli

Tyto materiály jsou slitiny železa s uhlíkem a navíc se obohacují dalšími prvky, díky kterým se zvyšují řezné vlastnosti oceli. Jedna z nejdůležitějších výhod RO je možnost tepelného zpracování, které ovlivňuje strukturu materiálu a tím pádem se mění i mechanické vlastnosti oceli.

Důležité z hlediska možnosti tepelného zatížení břitu je rozhodující teplota popuštění oceli tzn. do maximální teploty obrábění cca 500°C. RO disponuje vysokou houževnatostí a proto je jejich použití vhodné při velkém mechanickém zatížení a možné je použití i při přerušovaném řezu.

#### 2.12.2 Slinutý karbid

Nejrozšířenějším materiálem pro výrobu výměnných břitových destiček jsou slinuté karbidy, které jsou vyráběné slinováním. Základní struktura SK je tvořena především karbidy kovů s vysokotavitelnými vlastnostmi. Mezi tyto kovy řadíme především wolfram, titan a jsou rozloženy v nějaké pojící fázi jako je například kobalt.

Slinuté karbidy jsou velice oblíbené a využívané materiály díky svým vynikajícím vlastnostem. Vyznačují se vysokou tvrdostí za tepla a dobrou odolností proti opotřebení. V porovnání například s rychlořeznou ocelí mají ale menší houževnatost. Další využití SK je například při výrobě monolitních SK nástrojů (například stopkové frézy, vrtáky). Daleko častějším použitím je však použití ve formě výměnných břitových destiček, které se vkládají do držáků výměnných břitových destiček. [10]

SK můžeme dělit dle obráběných materiálů do tří skupin:

- P - obrábění ocelí,
- M - obrábění korozivzdorných ocelí,
- K - obrábění litin. [10]

## 2.13 Technologie soustružení

Soustružení je metoda obrábění, kterou se obrábí součásti rotačních tvarů. Používají se většinou jednobřité nástroje různého provedení. Soustružení se považuje za nejjednodušší způsob obrábění a ve strojírenství je to nejčastěji využívaná metoda.

### 2.13.1 Kinematika procesu soustružení

Při soustružení je jako hlavní pohyb brán v úvahu rotační pohyb obrobku a rychlost hlavního pohybu je současně i řeznou rychlostí  $v_c$ . Bereme v úvahu dva posuvové pohyby, přímočarý nebo obecný a vykonává ho obvykle nástroj. Při soustružení válcové plochy se řezný pohyb realizuje po šroubovici, při soustružení čelní plochy po Archimedově spirále a při soustružení rotační plochy rotační plochy obecného tvaru po obecné prostorové křivce.

Bereme-li při soustružení válcové plochy v potaz konstantní otáčky obrobku  $n$  a konstantní posuvové rychlosti  $v_f$  bude řezná rychlost  $v_c$  a rychlost řezného pohybu  $v_e$  také konstantní. V případě soustružení čelní plochy za konstantních otáček  $n$  a konstantní posuvové rychlosti  $v_f$  se bude řezná rychlost  $v_c$  a rychlost řezného pohybu  $v_e$  zvětšovat či zmenšovat s ohledem na průměr obráběné plochy. [11]

### 2.13.2 Řezné podmínky

Při volbě řezných podmínek se řídíme vstupními parametry (druh obráběného materiálu, materiál břitu obráběcího nástroje, intenzita a druh chlazení apod.) a také na požadovaných vlastnostech obrobeného obrobku (přesnost rozměrů, jakost povrchu).

Výrobce řezných nástrojů vydává katalog řezných podmínek, kterým by se měli odběratelé řídit při volbě řezných podmínek při obrábění. Na základě požadavku na trvanlivost nástroje, obráběného materiálu a materiálu břitu určit správné řezné podmínky.

Volbě správných řezných podmínek by měla každá výrobní společnost věnovat vyšší pozornost. V případě sériové výroby je i sebemenší úprava řezných podmínek, která má za následek snížení výrobních časů, tím zvýšení produktivity práce, žádoucí. Při správné volbě podmínek dochází nejen ke zrychlení výrobního procesu, ale také k prodloužení životnosti nástroje.

Důležité kritérium pro správnou volbu řezných podmínek je minimum vynaložených nákladů. Pokud vezmeme v potaz závislost nákladů vynaložených na sledovanou operaci na trvanlivost bříty nástroje, je jí potřeba minimalizovat.

## **2.14 Technologie obrábění vrtání**

Při obrábění válcových děr využíváme vrtání. Charakteristikou nástrojů je to, že svým tvarem a technologickými vlastnostmi výrazně ovlivňují parametr vyráběné díry. U většiny případů jsou použity vícebřité nástroje.

Vrtání je technologie, kterou zhotovujeme nebo zvětšujeme již předvrtané díry. Jako hlavní pohyb u vrtání je rotační, u většiny případů tento pohyb vykonává nástroj. [11]

## **2.15 Rozměrová a tvarová přesnost**

Strojní zařízení, se skládá z velikého množství součástek. Rozměry jednotlivých dílů se musí volit tak, aby vyhovovali požadovaným funkcím. Jejich spojení, styk, a vzájemná poloha musí splňovat faktory pro vyměnitelnost jednotlivých částí. Jednotlivé faktory:

- rozměry součástí,
- geometrický tvar a vzájemnou polohu ploch,
- kvalita a drsnost povrchu součástí.

### **2.15.1 Skutečné plochy**

U vyrobených součástí se skutečné plochy od těch ideálních (teoretických) ploch liší hlavně svými rozměry, vzájemnou polohou a tvarem. Výroba je vždy uskutečnitelná pouze s určitou přesností, proto je vhodné a obvyklé, že se předepisuje spíše dovolená nepřesnost.[12]

### **3 Návrh řešení dané problematiky**

V této části bude proveden návrh na nový technologický postup a novou technologii obrábění. Bude také navrženo, aby bylo obrábění prováděno na jednom CNC obráběcím stroji, namísto dvou CNC obráběcích strojů, jako tomu bylo v původní technologii obrábění. Dále bude navržena výroba měkkých upínacích čelistí, díky kterým by se zkrátily časy potřebné pro upínání výkovku do CNC soustruhu. Aby bylo upínání výkovku ještě efektivnější z hlediska časových úspor, byl navržen také doraz, který by měl zajistit upnutí výkovku stále do stejné polohy. Technologický postup výroby dorazu bude uveden v příloze č.1.

#### **3.1 Návrh nové technologie obrábění výkovku**

První výrobní zkušební dávka byla provedena starou původní technologií, konkrétně obrábění na dvou CNC strojích. Byly zde nejen dlouhé přípravné a obráběcí časy, ale také složité a náročné upínání obrobku. Jelikož se jedná o výkovek nepravidelného tvaru, bylo třeba vymyslet sofistikovanější a kvalitnější upnutí, nežli upínání do tvrdých čelistí, které v tomto případě bylo problematické.

Navržená nová technologie výroby bude prováděna na jednom CNC stroji, konkrétně DOOSAN lynx LM220, u kterého máme možnost využití poháněcích nástrojů a tím pádem můžeme soustružit kompletní konturu a vyvrtat otvor na pouze jedno upnutí. Dále bude upínání prováděno do měkkých vysoustružených čelistí, díky kterým dojde k lepšímu ustavení a dodržení souososti obrobku s osou otáčení sklíčidla.

Navržen byl také doraz, který bude vložen dovnitř vřetena a následně zajistí, aby se výkovek do čelistí vkládal vždy ve stejné poloze. Upevněn bude pomocí 2 šroubu v ose sklíčidla. Doraz bude také zajišťovat obrobek proti nechtěnému protočení v čelistech.

##### **3.1.1 Výrobní zařízení Lynx LM220**

Nová navrhovaná technologie výroby bude prováděna na CNC tříosém obráběcím soustruhu Doosan typ LYNX LM220. (viz obr. 3.1). Jedná se o moderní CNC soustruh pořízený do firmy v roce 2004. Veliká výhoda tohoto stroje je možnost umístění poháněcích nástrojů, z tohoto důvodu jsem také zvolil tento stroj, jako vhodný pro obrábění navrhovaného výkovku. Tento stroj má také hydraulický podpěrný hrot, díky kterému lze na tomto stroji obrábět i delší hřídele s podepřením.



Obrázek 3.1 CNC soustruh Lynx LM220

V tabulce č. 3.1 jsou uvedené technické specifikace tohoto stroje.

Popis	Technické specifikace stroje Lynx 220 LM	Hodnoty
Struktura	Nakloněné litinové lože-sklon	30°
	Lineární valivé vedení	
	Hmotnost	4000kg
Vřeteno	Čelo vřetena	A2-5ASA
	Hydraulické sklíčidlo tříčelistové	169mm
	Otáčky vřetena (souvislé)	60-6000ot./min
	Výkon motoru vřetena (souvislé)	11/15kW
	Maximální výkon použitelný od	1500ot./min.
	Maximální krouticí moment	70/96Nm
	Průměr předního ložiska	90mm
	Průměr otvoru ve vřetenu	61mm
	Vnitřní průměr tažné tyče	52mm
Zdvihy	Pojezd osy X	175mm
	Pojezd osy Z	550mm
	Pojezd osy C (otáčení vřetena)	0,001°
Posuvy	Rychloposuv os X/Z	30/36 m/min
	Pracovní posuvy os X/Z v lineární interpolaci	500/500 mm/ot
	Průměr kuličkových šroubů os X/Z	28/32 mm

Popis	Technické specifikace stroje Lynx 220 LM	Hodnoty
Nástrojová hlava	Počet míst upnutí nástrojů	12/24
	Doba indexace (1 místo)	0,6s
	Průměr kotoučové spojky	180mm
	Upínací síla	4900kg
	Rozměry nástrojů k soustružení/vyvrtávání	20x20/Ø32/Ø52
	Rychlost otáčení poháněných nástrojů souvisle	60-6000ot./min
	Výkon poháněných nástrojů	1,1/3,7kW
	Max krouticí moment poháněných nástrojů	7/23Nm
Pracovní rozsah	Maximální otočný průměr nad ložem	510mm
	Maximální otočný průměr nas suportem	290mm
	Maximální průměr soustružení nad stolem	250mm
	Max délka soustružení ve sklíčidle	505mm
	Max průměr soustružené tyče	51mm
	Max hmotnost obrobku bez použití koníku	70kg
	Max hmotnost obrobku s použitím koníku	130kg

Tabulka 3.1 Technické parametry CNC soustruhu Lynx LM220 [13]

### 3.2 Nástroje a vybavení využívané při nové navržené technologii obrábění výkovku OKO PEWAG

V této části práce bude uvedeno využívané vybavení a nástroje, které budou využity při nové navržené technologii obrábění včetně řezných podmínek, které jsou doporučeny výrobcem. Některé nástroje, které budou uvedené v této části nově navržené technologie obrábění, byly využity i v původní technologii obrábění. V nově navržené technologii jsou však u těchto stejných nástrojů využity jiné řezné podmínky tak, aby obráběcí časy byly co nejnižší.

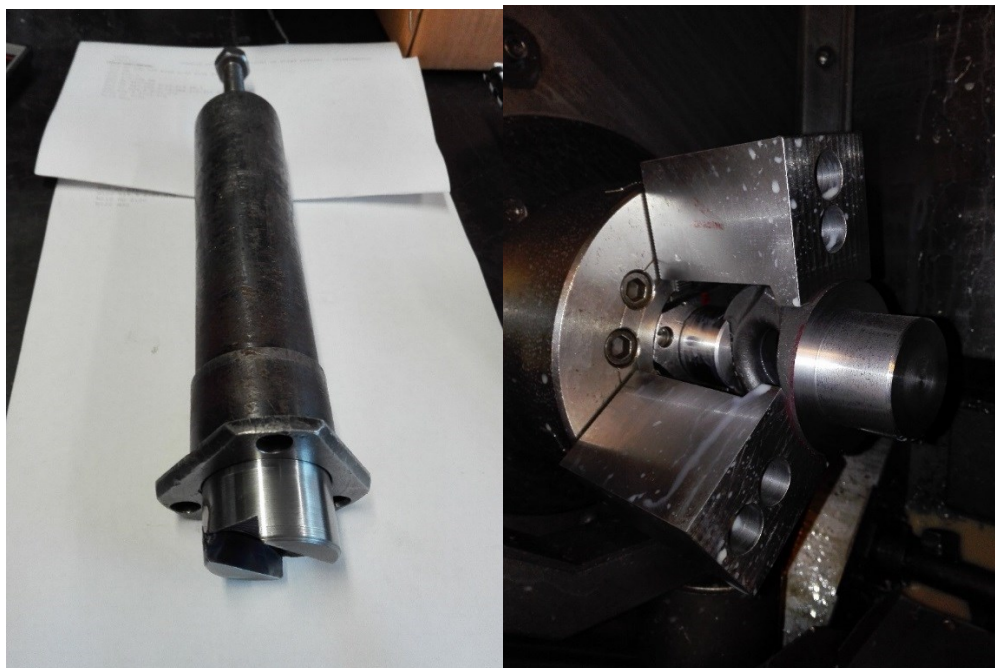
#### 3.2.1 Příprava a ustavení výkovku

Nejprve dle technologického postupu byla provedena kontrola rozměrové přesnosti dovezených výkovků. Pro tuto operaci bylo využito posuvné měřítko, kterým operátor přeměřil základní rozměry výkovku. Důležitá byla také optická kontrola, kdy pracovník pouhým okem překontroluje případné nedostatky. Vadné kusy jsou vyřazeny.

Pro ustavení výkovku byla navržena výroba měkkých čelistí (viz. obr 3.3), díky kterým se zjednoduší proces upínání obrobku. Měkké čelisti jsou upínací čelisti, které jsou vyrobeny z materiálu S355 JR a jsou nadále soustružením přizpůsobeny tvaru obrobku, který se do nich bude upínat. Oproti univerzálnějším tvrdým čelistem nejsou kaleny a dají se tak nadále

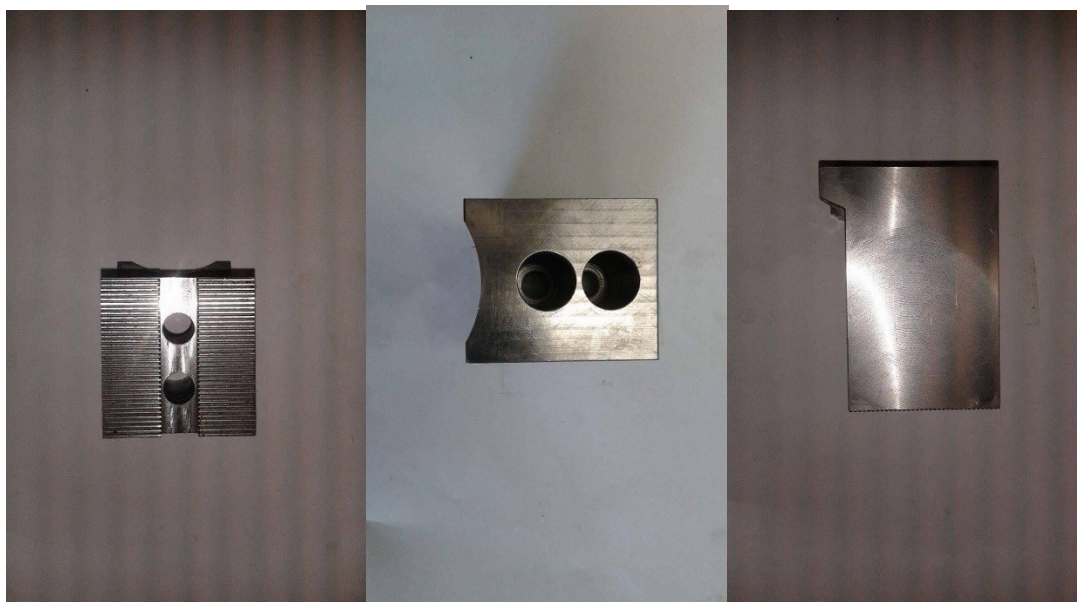
přizpůsobovat požadovanému tvaru. Použitím měkkých čelistí v našem případě dosáhneme lepší kvality upnutí za kratších manipulačních časů. Je také zajištěno kvalitnější upnutí, které zajistí, aby se výrobek vlivem řezných sil při obrábění nepohnul, případně nevylétl z čelistí a nezpůsobil škody na stroji či obsluze.

Spolu s měkkými čelistmi byl také navržen doraz (viz obr. 3.2), který je vsunut do vřetena soustružnického centra a zajištěn pomocí 3 šroubů. Tento doraz zajistí, aby výkovek byl zasunut do měkkých čelistí vždy stejně. Tím pádem jsou kompletně zkráceny manipulační a upínací časy a eliminována zdlouhavá operace vyrovnávání z hlediska házivosti, která v původní technologii (viz. technologický postup 2.7.5 operace 2.1) trvala dle snímku pracovní operace (viz tabulka 3.3 poř. č. 5) téměř 180 sekund. Výroba tohoto dorazu bude popsána v příloze č.1.



Obrázek 3.2 Navržený doraz pro správné ustavení výkovku





Obrázek 3.3 Navržené měkké čelisti

### 3.2.2 Výroba dorazu pro zefektivnění upínání

Doraz byl navržen tak, aby bylo upínání výkovku co nejefektivnější a nejpresnější. V příloze č. xxx je uveden technologický postup výroby dorazu.



Obrázek 3.4 Doraz pro zvýšení efektivity a přesnosti upnutí

### 3.2.3 Obrábění

V této části budou popsány nástroje, které byly použity při obrábění. Uvedeny budou také doporučené a použité řezné podmínky. Některé nástroje byly použity stejné, jako v původní technologii, nastaveny byly ale jiné řezné podmínky



Nástroje budou seřazeny přesně tak, jak byly využity v technologickém postupu. Pod každým nástrojem bude uvedeno i označení, obrázek a doporučené řezné podmínky použité břitové destičky.

### **Soustružnický nůž čelní stranový ubírací AKKO TWLNR 2020 K08**

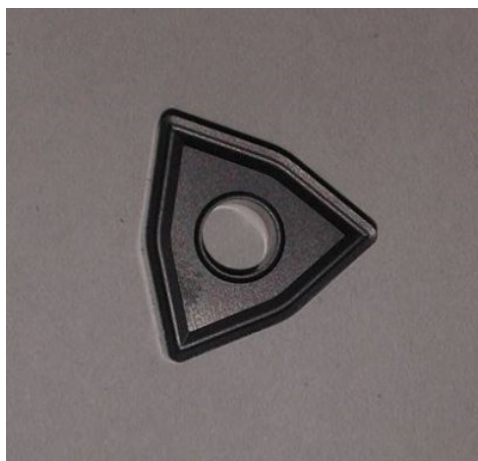
Čelní ubírací nůž, který je využíván pro čelní i podélné soustružení (viz obr. 3.5). U původní technologie obrábění byl využíván držák břitových destiček od firmy SECO. Každý z držáků je jiného výrobce, ale výměnné břitové destičky byly u původní i nové technologie obrábění využity od výrobce stejného.



Obrázek 3.5 Soustružnický nůž čelní stranový ubírací AKKO TWLNR 2020 K08

### **Výměnné břitové destičky WNMG080408-NMM**

Na obr. 3.6 je vyobrazen tvar výměnné břitové destičky, vkládaných do držáku břitových destiček s označením AKKO TWLNR 2020 K08.



Obrázek 3.6 Výměnná břitová destička WNMG080408-NMM

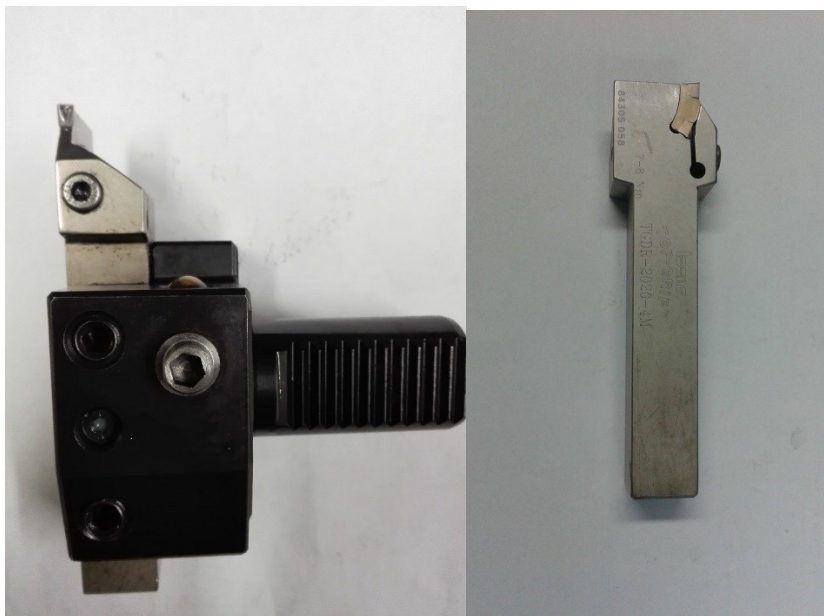
V tabulce 3.2 bude uvedeno porovnání doporučených řezných parametrů od výrobce s parametry, které byly zadány v původní technologii obrábění.

Parametr	Doporučené výrobcem	Použité u nově navržené technologie
Řezná rychlost [m/min]	80-150	150
Posuv [mm]	0,22-0,4	0,2
Hloubka třísky [mm]	1,5-4	2

Tabulka 3.2 Porovnání řezných podmínek doporučených výrobcem s podmínkami použitými v původní technologii obrábění [4]

### Vnější zapichovací nůž od firmy ISCAR TGDR-2020-4M

Tento vnější zapichovací nůž je ve firmě L.K.F. Kovo využíván pro soustružení zápichů a vybrání. Označení výměnných břitových destiček, které se do tohoto držáku upínají je **TGMF 404 IC830**.



Obrázek 3.7 Vnější zapichovací nůž od firmy ISCAR TGDR-2020-4M

### **Výměnné břitové destičky TGMF 404 IC830**

Na obr. 3.9 je vyobrazen tvar výměnné břitové destičky, vkládaných do držáku břitových destiček s označením ISCAR TGDR-2020-4M. [14]



Obrázek 3.8 Výměnná břitová destička TGMF 404 IC830

V tabulce 3.3 bude uvedeno porovnání doporučených řezných parametrů od výrobce s parametry, které byly zadány v původní technologii obrábění.

Parametr	Doporučené výrobcem	Použité u nově navržené technologie
Řezná rychlost [m/min]	50-140	120
Posuv [mm]	0,09-0,15	0,12
Hloubka třísky [mm]	0,5-2,4	1

Tabulka 3.3 Porovnání řezných podmínek doporučených výrobcem s podmínkami použitými v původní technologii obrábění [14]

### Soustružnický nůž čelní stranový ubírací TDJNR2020 K15 od firmy AKKO

Tento soustružnický nůž je využíván pro dokončovací operace. Obvykle je využíván po hrubovacích operacích, kde je pro dokončovací operace nechán přírůstek pro dokončení.



Obrázek 3.9 Soustružnický nůž čelní stranový ubírací TDJNR2020 K15 od firmy AKKO

### Výměnné břitové destičky DMNG150404 UE6110

Na obr. 3.12 je vyobrazen tvar výměnné břitové destičky, vkládaných do držáku břitových destiček s označením TDJNR2020 K15 od firmy AKKO.



Obrázek 3.10 Výměnná břitová destička DMNG150404 UE6110

V tabulce 3.4 bude uvedeno porovnání doporučených řezných parametrů od výrobce s parametry, které byly zadány v původní technologii obrábění.

Parametr	Doporučené výrobcem	Použité u nově navržené technologie
<b>Řezná rychlost [m/min]</b>	200-340	220
<b>Posuv [mm]</b>	0,18-0,28	0,15
<b>Hloubka třísky [mm]</b>	0,5-1,5	1,0

Tabulka 3.4 Porovnání řezných podmínek doporučených výrobcem s podmínkami použitými v původní technologii obrábění [4]

### **Vnější zapichovací nůž levý WNT MSS-E20L00-2020J**



Obrázek 3.11 Vnější zapichovací nůž levý MSS-E20L00-2020J

### **Výměnné břitové destičky GX16-2E3.00N0. HRC1335**

Na obr. 3.15 je vyobrazen tvar výměnné břitové destičky, vkládaných do držáku břitových destiček s označením MSS-E20L00-2020J.



Obrázek 3.12 Výměnná břitová destička GX16-2E3.00N0. HRC1335

V tabulce 3.5 bude uvedeno porovnání doporučených řezných parametrů od výrobce s parametry, které byly zadány v původní technologii obrábění.



Parametr	Doporučené výrobcem	Použité u nově navržené technologie
Řezná rychlost [m/min]	70-250	150
Posuv [mm]	0,05-0,12	0,12
Hloubka třísky [mm]	0,5-2	1

Tabulka 3.5 Porovnání řezných podmínek doporučených výrobcem s podmínkami použitými v původní technologii obrábění [5]

### Vrtací držák pro poháněcí nástroje

Tento držák poháněcích nástrojů (viz obr.3.16) se na CNC soustruhu Lynx LM220 využívá v případě vrtání, závitování nebo frézování mimo osu otáčení vřetene. Držák je upnut v nástrojové hlavě a je poháněn vnitřním pohonem hlavy. V případě tohoto upínacího držáku je možné využít i nástroje s vnitřním chlazením.



Obrázek 3.13 Upínač pro poháněné rotační nástroje pro CNC soustruh Lynx LM220

### Navrtávák $\phi 10\text{mm}$

Do upínacího držáku poháněcích nástrojů byl upnut CNC  $90^\circ$  navrtávák  $\phi 10\text{mm}$ .



Obrázek 3.14 Navrtávák  $\phi 10\text{mm}$  – Guhring

V tabulce 3.6 bude uvedeno porovnání doporučených řezných parametrů od výrobce s parametry, které byly zadány v původní technologii obrábění.

Parametr	Doporučené výrobcem	Použité u původní technologie
<b>Řezná rychlost [m/min]</b>	12-18	15
<b>Posuv [mm]</b>	0,06	0,06
<b>Hloubka třísky [mm]</b>	x	x

Tabulka 3.6 Porovnání řezných podmínek doporučených výrobcem s podmínkami použitými v původní technologii obrábění [15]

### Vrták $\phi 4\text{mm}$ tvrdokovový

Do držáku poháněcích nástrojů soustruhu Lynx LM220 byl upnut do kleštiny tvrdokovový vrták o průměru 4mm.



Obrázek 3.15 Vrták  $\phi 4\text{mm}$  tvrdokovový – Guhring

V tabulce 3.7 bude uvedeno porovnání doporučených řezných parametrů od výrobce s parametry, které byly zadány v původní technologii obrábění.

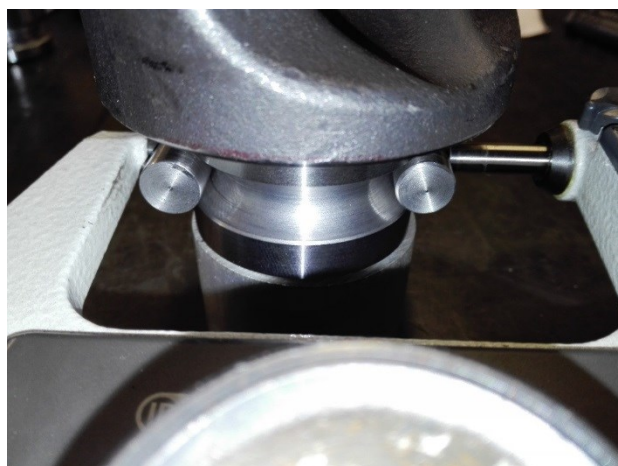
Parametr	Doporučené výrobcem	Použité u původní technologie
<b>Řezná rychlost [m/min]</b>	-	-
<b>Posuv [mm]</b>	0,025-0,038	0,04
<b>Hloubka třísky [mm]</b>	x	x

Tabulka 3.7 Porovnání řezných podmínek doporučených výrobcem s podmínkami použitými v původní technologii obrábění [15]



### **Měřicí přípravek**

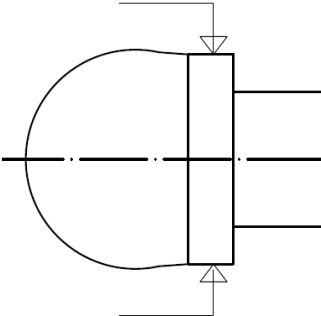
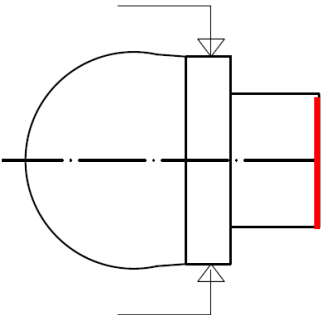
Tento měřicí přípravek byl navržen pro snazší, rychlejší a přesnější kontrolu rozměrové přesnosti po obrábění.

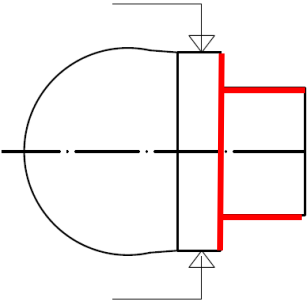
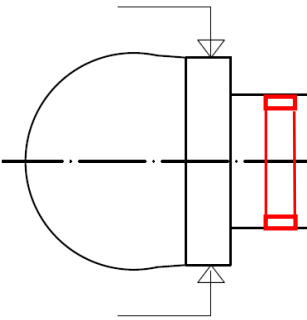
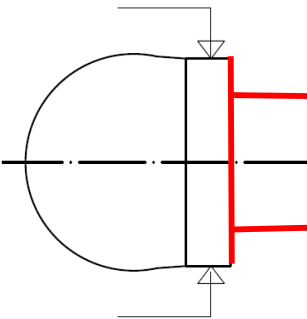


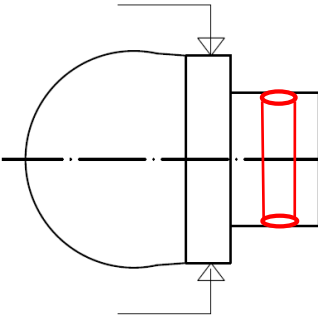
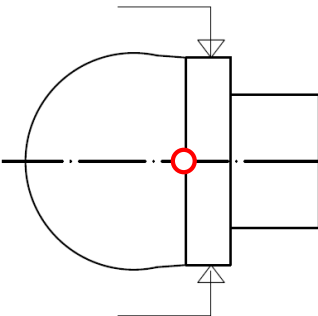
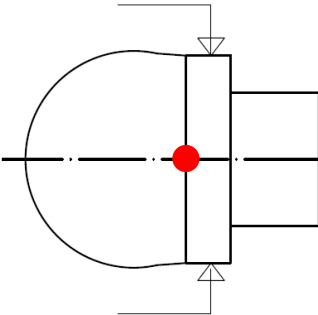
Obrázek 3.16 Měřicí přípravek pro měření rádiusového zápichu

### **3.2.4 Nový technologický postup**

Dále bude uveden nově navržený technologický postup obrábění výkovku OKO PEWAG v následující tabulce 3.8.

Č. Op.	Popis práce	Schéma operace	Stroj	Nástroj, měřidlo	Poznámky
1.	Kontrola tvarové správnosti přijatých odlitek.	x	x	Posuvné měřidlo.	Tvarově odlišné kusy vyřadit.
2.	Upnutí výkovku do sklíčidla do měkkých čelistí a dorazit na dorazový přípravek.		CNC soustruh Lynx lm220	Měkké čelisti č.42, doraz č.13 délka 97.	Aretace do dorazového přípravku. Hydraulický upínací tlak čelistí-2BAR
	Obrábění dle program O00800	x	x	x	x
2.1	Zarovnání čela výkovku – hrubování		CNC soustruh Lynx lm220	Soustružnický nůž čelní stranový ubírací AKKO TWLNR 2020 K08	ap = 1,5mm vc = 220m/min f = 0,2mm

Č. Op.	Popis práce	Schéma operace	Stroj	Nástroj, měřidlo	Poznámky
2.2	Přetočení průměru – hrubování		CNC soustruh Lynx lm220	Soustružnický nůž čelní stranový ubírací AKKO TWLNR 2020 K08	$a_p = 2 \text{ mm}$ $v_c = 150 \text{ m/min}$ $f = 0,2 \text{ mm}$
2.3	Hrubování radiusu		CNC soustruh Lynx lm220	Vnější zapichovací nůž od firmy ISCAR TGDR-2020- 4M	$v_c = 120 \text{ m/min}$ $f = 0,12 \text{ mm}$
2.4	Kopírování kontury na čisto (čelo, průměr, radius R2)		CNC soustruh Lynx lm220	Soustružnický nůž čelní stranový ubírací TDJNR2020 K15 od firmy AKKO	$a_p = 1 \text{ mm}$ $v_c = 220 \text{ m/min}$ $f = 0,15 \text{ mm}$

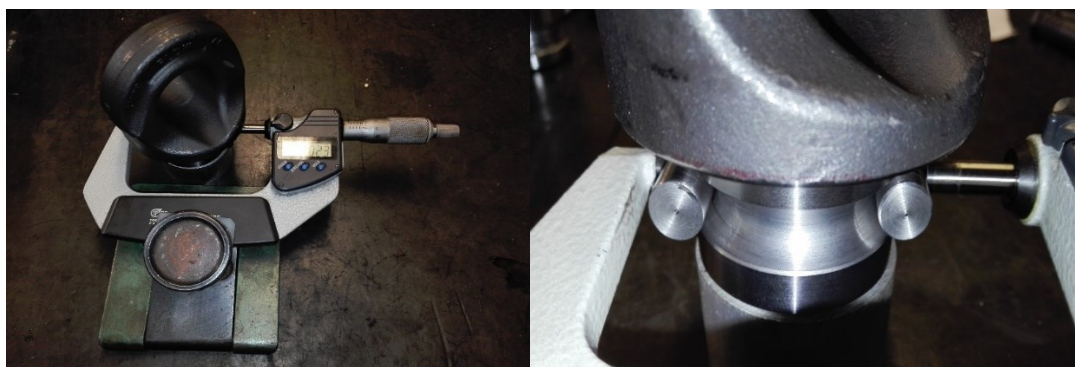
Č. Op.	Popis práce	Schéma operace	Stroj	Nástroj, měřidlo	Poznámky
2.5	Kopírování radiusu R5,6		CNC soustruh Lynx lm220	Vnější zapichovací nůž levý MSS-E20L00-2020J	$v_c = 150 \text{ m/min}$ $f = 0,12 \text{ mm}$
2.6	Navrtání pro otvor $\phi 4$		CNC soustruh Lynx lm220	Navrtávák průměr $\phi 12$	$n = 1500 \text{ min}^{-1}$ $f = 0,06 \text{ mm}$
2.7	Vrtání otvoru $\phi 4$		CNC soustruh Lynx lm220	Vrták $\phi 4$	$n = 1500 \text{ min}^{-1}$ $f = 0,06 \text{ mm}$
3	Kontrola rozměrové přesnosti	x	x	Měřicí přípravek, mikrometr, měřicí zařízení trimos.	x

Tabulka 3.8 Technologický postup navržené technologie obrábění

### 3.2.5 Ověření rozměrové přesnosti obrobku

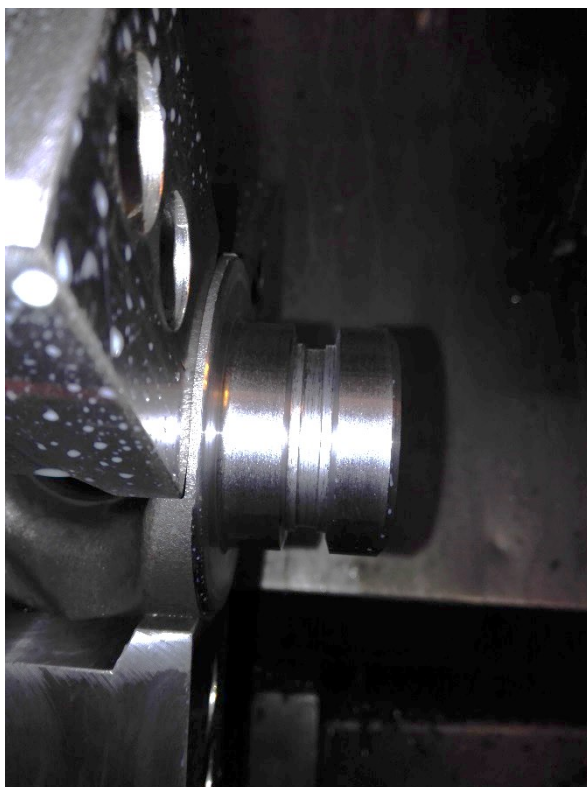
Po dokončení obrábění následuje kontrola rozměrové přesnosti. S původní technologií bylo prováděno měření rádiusového zápichu pomocí měřidla na zápichy (viz. obr. 2.14). Měření tímto způsobem bylo nepřesné, jelikož pracovník mohl pouze odhadovat, kde je nejnižší bod rádiusu. Dále také záleželo, jak hodně přesný se nám podařilo rádius vyrobit, neboť na výkresu není kótovaný nejmenší průměr rádiusu, ale průměr roztečné kružnice obou rádiusů. Tvar rádiusu u původní technologie obrábění byl kontrolován pomocí rádiusové měrky R5,6. Dále tedy bude počítáno s tím, že tvar rádiusu je dodržen přesně dle výrobní dokumentace.

Byl tedy navržen přípravek (viz obr. 3.20), u kterého byly vysoustruženy a následně broušeny na kulato dva čepy s přesným průměrem 11,2 h7, které byly následně vloženy z každé strany do rádiusového zápichu. Třmenový digitální mikrometr byl upnut do upínacího svěráku a mikrometr byl zajištěn v dané výšce. Měřený objekt OKO PEWAG byl postaven na předem vysoustružený váleček tak, aby výška měřeného zápichu byla ve výšce měřících dotyků mikrometru. Po předchozí domluvě se zákazníkem, kterým je společnost PEWAG s.r.o., byl určen rozměr, který je pro konečnou montáž důležitý. Tento rozměr (viz obr. 2.15) byl mikrometrem změřen přes vrch dvou broušených čepů vložených do rádiusového zápichu. Smluvený žádaný rozměr by měl být  $58,1 \pm 0,02\text{mm}$ .



Obrázek 3.17 Měřicí přípravek pro měření rádiusového zápichu

Důležitý je také rozměr 16,2mm, což je rozměr od osazení ke středu rádiusu. Tento rozměr je velice obtížně změřitelný. Navržena byla tedy metoda, kde u prvního kusu při hrubování rádiusu zapichovacím nožem byl v ose rádiusu udělán zápich (viz obr.3.18) , následně byl kus vyjmut a tento rozměr 16,2 jednoduše na měřící stanici trimos (viz obr. 3.19) změřen. V případě rozměrové správnosti již můžeme pokračovat v následujících operacích.



Obrázek 3.18 Technologický zápich pro měření rozměru 16,2



Obrázek 3.19 Měřicí stanice trimos Garant-HC3

Průměr 46,7mm bude změřen pomocí třmenového digitálního mikrometru Mitutoyo a délka tohoto průměru bude měřena na stolním měřidle Garant-HC3 trimos.

Cílem této práce bylo především zjednodušit a zefektivnit obrábění výkovku oka. Původní technologie byla složitá a zdlouhavá, výrobní náklady tedy bylo třeba snížit. V této části práce bude porovnána původní a nová technologie s hlediska časové náročnosti a finančních úspor.

## 4 Technicko-ekonomické zhodnocení

V této části práce bude provedeno technicko-ekonomické zhodnocení a porovnání původní technologie obrábění s nově navrženou technologií obrábění z hlediska časových a finančních úspor.

### 4.1 Rozbor časové náročnosti jednotlivých operací původní technologie obrábění

V této kapitole bude proveden rozbor časové náročnosti výrobní operace pomocí dvou způsobů. První způsob je pomocí snímku pracovní operace a druhý způsob je pomocí počítačového programu TPV Výpočty. Tento program pro výpočet přípravných a obráběcích časů plánuje firma L. K. F. kovo zakoupit, proto bude na závěr ověřena přesnost a správnost výpočtů tohoto programu.

#### 4.1.1 Metody určování spotřeby času

V následující části budou uvedeny dvě metody určení spotřeby času na obrábění daného výrobku OKO PEWAG.

##### Pomocí snímku pracovní operace

V tabulce 4.1 je uveden snímek pracovní operace obrábění výrobku. Snímek byl prováděn tak, že byl každý úkon změřen stopkami a následně časy jednotlivých operací vloženy do tabulky. Tučně jsou zvýrazněny časy, které se týkají racionalizace procesu. Tyto operace byly v nové technologii upraveny, aby přípravný, manipulační a obráběcí čas byl ve finále nižší. V časech jsou zohledněny i výměny nástroje, které u frézovacího centra Haas VF2SS činí cca 20sekund a u soustruhu Haas SL10 spolu s odjezdem do bezpečné vzdálenosti cca 5sekund. Součástí času je i manipulace s výrobkem a ofukování od nečistot.

Poř. č.	Čas postupný [hh:mm:ss]	Čas jednotkový [hh:mm:ss]	Stroj	Název spotřeby času	Strojní výrobní [s]
1	6:00:00			začátek směny	
2	6:10:00	0:10:00	Haas SL10	spuštění stroje + kontrola bezpečnostních prvků	
3	6:15:00	0:05:00	Haas SL10	prostudování denního plánu výroby	
4	<b>6:15:20</b>	<b>0:00:20</b>	<b>Haas SL10</b>	<b>upnutí polotovaru do tvrdých čelistí</b>	<b>20</b>
5	<b>6:18:20</b>	<b>0:03:00</b>	<b>Haas SL10</b>	<b>vyrovnání kusu z hlediska házivosti</b>	<b>180</b>



Poř. č.	Čas postupný [hh:mm:ss]	Čas jednotkový [hh:mm:ss]	Stroj	Název spotřeby času	Strojní výrobní [s]
6	6:18:40	0:00:20	Haas SL10	zarovnání čela výkovku - hrubování	20
7	6:20:30	0:01:50	Haas SL10	přetočení průměru - hrubování	110
8	6:20:50	0:00:20	Haas SL10	hrubování radiusu	20
9	6:21:15	0:00:25	Haas SL10	kopírování kontury na čisto (čelo, průměr, radius R2)	25
10	6:21:35	0:00:20	Haas SL10	kopírování radiusu R5,6 na čisto	20
11	6:21:55	0:00:20	Haas VF2SS	upnutí kusu do sklíčidlového přípravku na stůl frézky	20
12	6:22:15	0:00:30	Haas VF2SS	vyrovnat výkovek dle výrobní dokumentace	30
13	6:22:45	0:00:25	Haas VF2SS	navrtání pro otvor 4	25
14	6:23:10	0:00:30	Haas VF2SS	Vrtání otvoru 4	30
15	6:27:10	0:03:00		Kontrola rozměrové přesnosti	180
<b>Součet časů výrobní operace</b>					<b>680</b>

Tabulka 4.1 Snímek pracovní operace původní technologie obrábění

## Pomocí programu pro výpočet časů TPV-VÝPOČTY

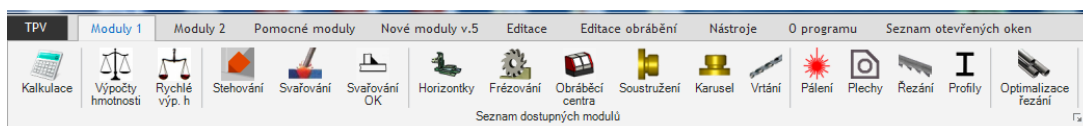
V následující části bude provedeno určení spotřeby času obrábění pomocí výpočtového programu TPV-VÝPOČTY.

### Program TPV-VÝPOČTY

Tento program je od tuzemské vývojářské společnosti a zabývá se výpočty přípravných a strojních časů a technologickými přípravami výroby. Do tohoto programu byly zadány operace výrobního postupu a na základě zadaných parametrů vypočteny výrobní časy. Jelikož se jedná pouze o zkušební bezplatnou verzi, dá se pracovat pouze v režimu soustružení a zadávat se dá maximálně 5 operací. Proto jsem rozepsal výrobní proces do dvou tabulek. Výsledek výrobních časů jsem dal do tabulky a porovnal s časy, které byly změřeny ve snímku pracovní operace.

Majitel firmy pan Lukáš Fišer by chtěl do budoucna využívat plnou verzi výpočtového programu TPV výpočty. Mým úkolem tedy nadále bylo porovnání časů, které byly zjištěny pomocí snímku pracovní operace s časy, které vypočítal program TPV výpočty.

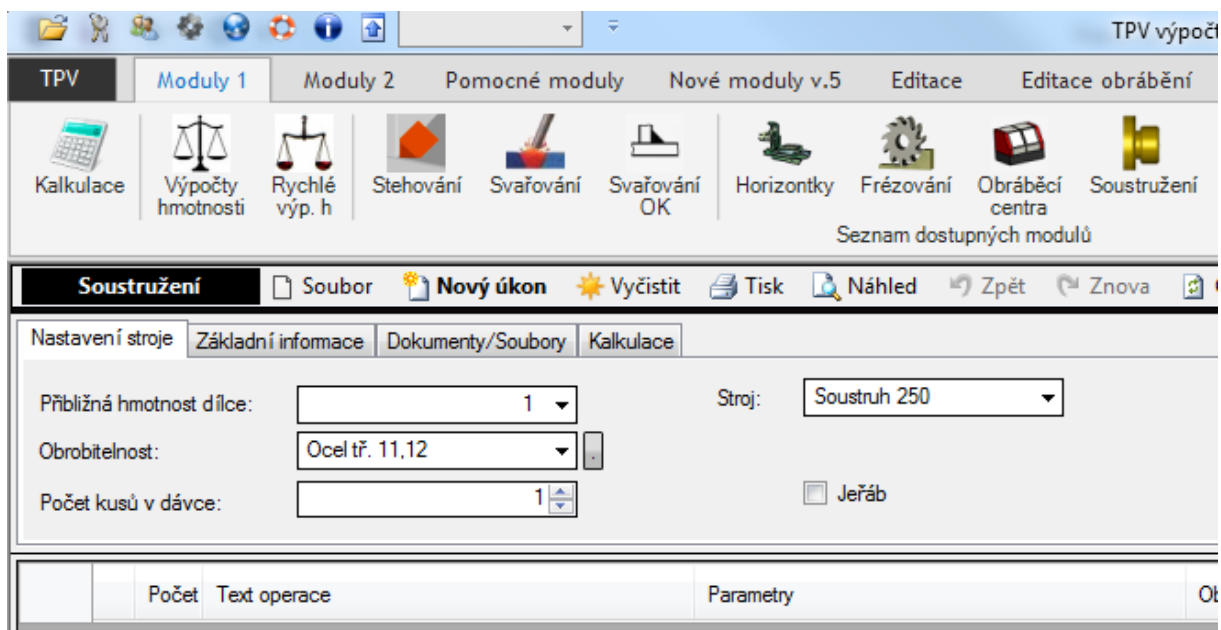
Výhodou plně placené verze je rozšíření nabízených funkcí o více operací, například frézování, broušení, stehování, pálení, závitování a spoustu dalších výrobních technologií. Na obr. 4.1 je vidět nabídka funkcí, kterými disponuje plná verze programu TPV Výpočty. Možné je také vložení jednotlivých strojů, které se nacházejí ve firmě. Dle technologického postupu se při plánování poté pouze vkládají do programu. V programu se zadávají parametry strojů, jako výkon, rozsah otáček, krotící moment a program s těmito daty nadále pracuje při výpočtu ideálních řezných podmínek.



Obrázek 4.1 Nabízené funkce plné verze programu TPV VÝPOČTY [16]

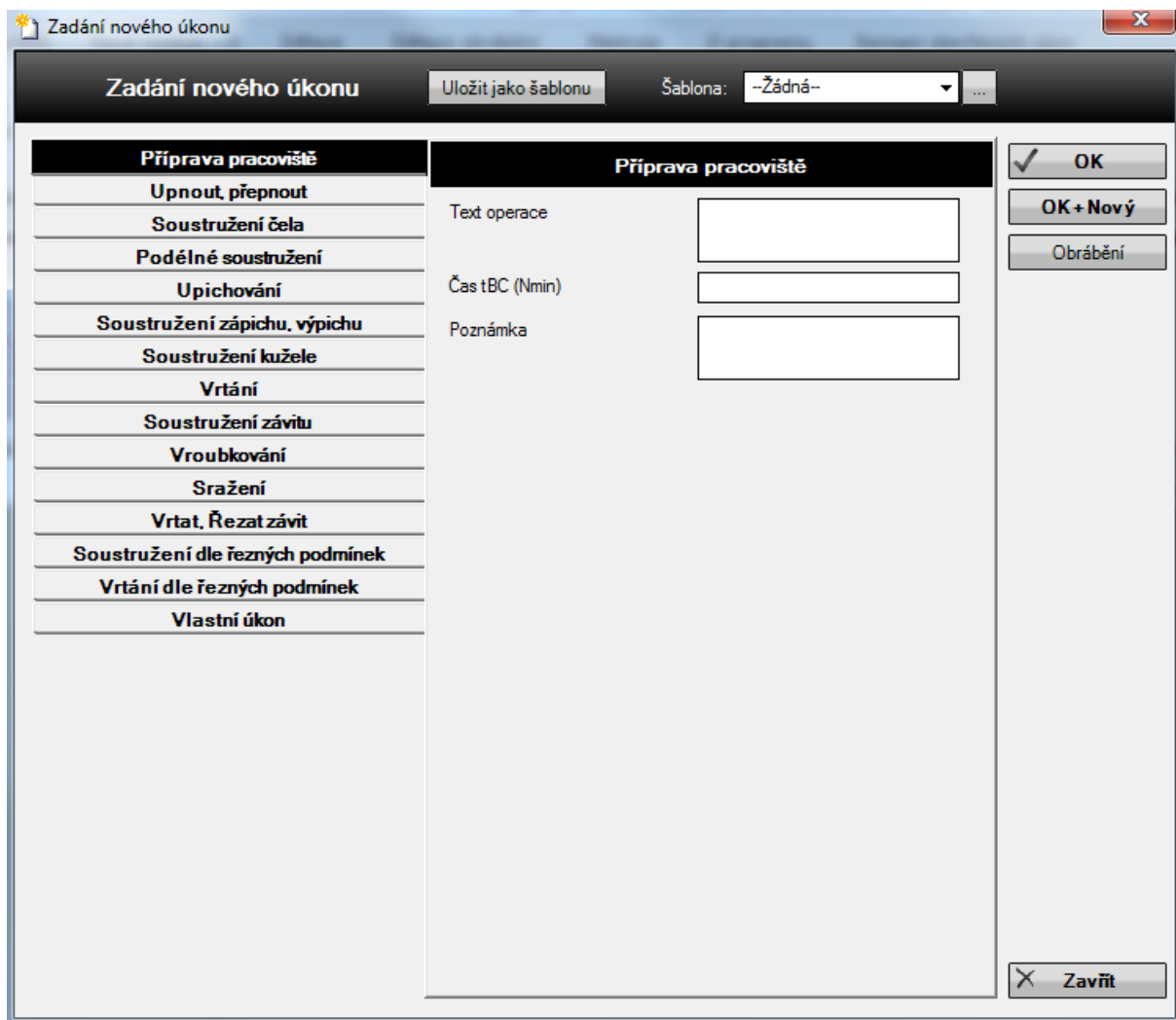
Program má také řadu pomocných funkcí, které ocení nejen vedení společnosti a obchodní oddělení společnosti, ale také konstruktéři a technologové. Jedná se především o výpočty hmotností, normy ocelí, normy spojovacího materiálu, převody tvrdosti, soustavy tolerancí ISO, porovnávání drsnosti, apod.

Samotné zadávání začíná volbou materiálu, stroje, počet kusů v dávce a hmotnost dílce. (viz. obr.4.2). Hmotnost dílce je zadán pro výpočet manipulačních časů.



Obrázek 4.2 Ukázka zadávání informací do TPV VÝPOČTY [16]

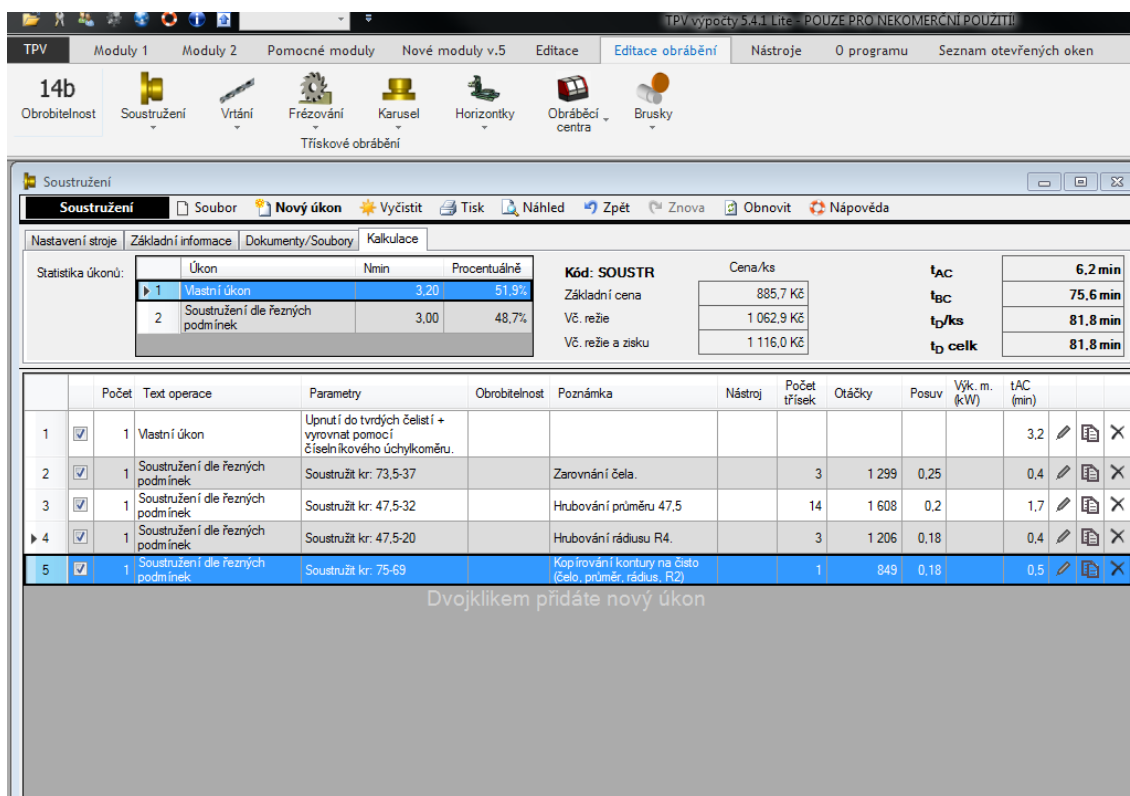
Následuje zapsání základní informace například o zakázce, čísla výkresů, případně průvodky. Dalším krokem je již samotné zadávání operací, kde vybíráme mezi předepsanými úkony. (viz. obrázek 4.3)



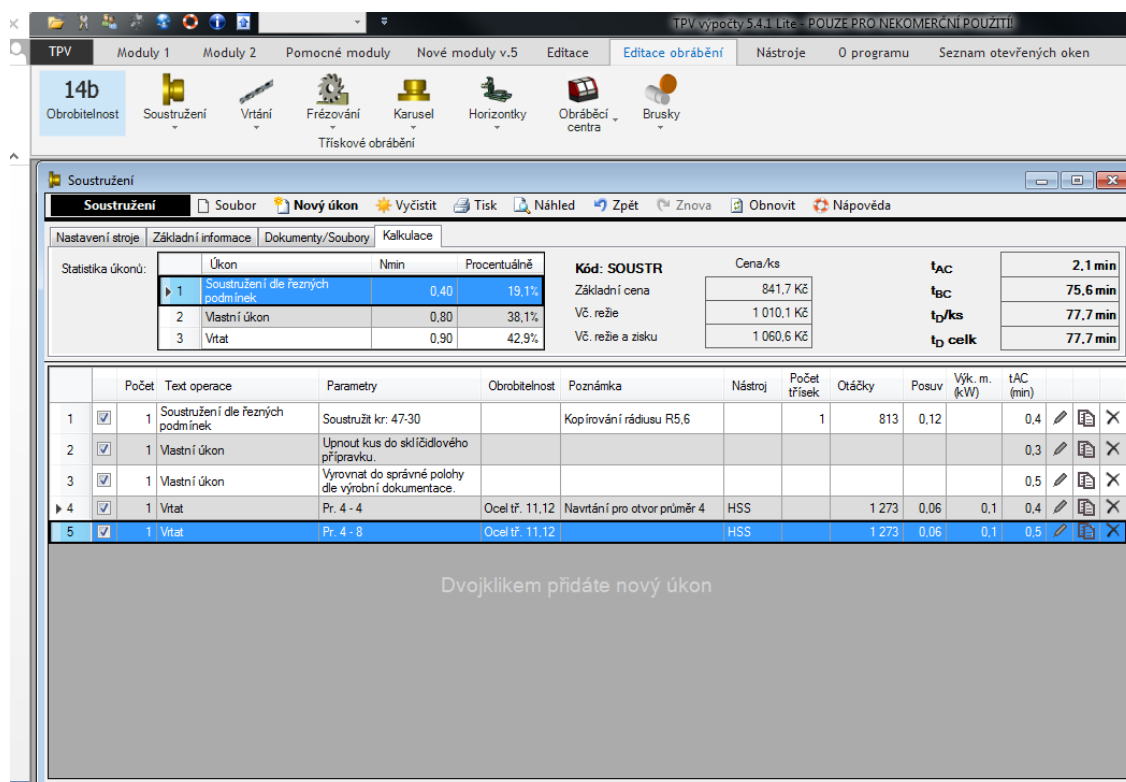
Obrázek 4.3 Výběr úkonů v programu TPV VÝPOČTY [16]

### Metoda určení spotřeby času pomocí TPV-VÝPOČTY

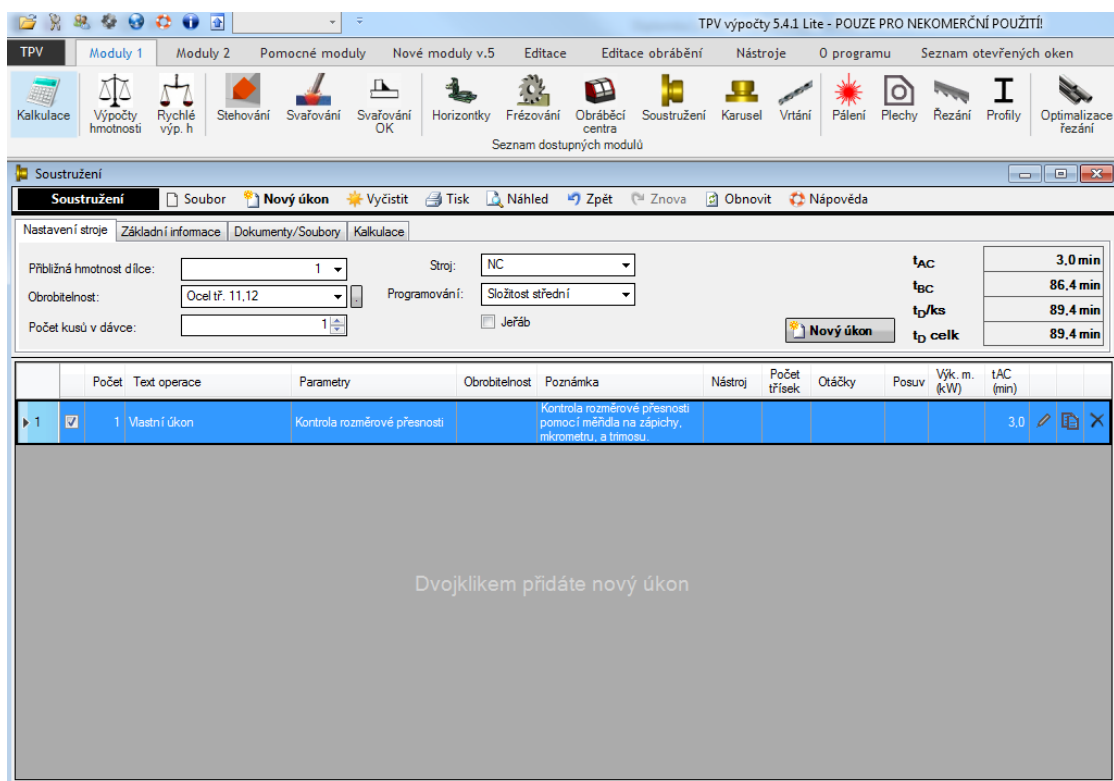
Zadáním jednotlivých operací do výpočtového programu TPV-VÝPOČTY vyšel přípravný čas a čas obrábění, který je zapotřebí pro původní technologii obrábění. Následující obrázky č. 4.4 až 4.6 ukazují snímky přímo ze zadávání jednotlivých operací do programu TPV.



Obrázek 4.4 Ukázka snímku při zadávání prvních pěti úkonů do programu TPV VÝPOČTY



Obrázek 4.5 Ukázka snímku druhých pěti úkonů při zadávání do programu TPV VÝPOČTY



Obrázek 4.6 Ukázka snímku poslední operace při zadávání do programu TPV VÝPOČTY [16]

Součet časů původní technologie výroby dle programu TPV-VÝPOČTY je 678sekund. V následující tabulce č.4.2 je porovnání časů změřeného pomocí snímku pracovní operace a časů vypočteného pomocí programu TPV-VÝPOČTY.

Postup	Součet časů původní technologie výroby [s]
<b>Snímek pracovní operace</b>	680
<b>TPV-VÝPOČTY</b>	678

Tabulka 4.2 Přehled součtu časů získaných snímek pracovní operace a pomocí programu TPV VÝPOČTY u původní technologie obrábění

## 4.2 Zhodnocení časové náročnosti nové technologie obrábění

V této části bude provedeno časové zhodnocení nově navržené technologie obrábění. Bude proveden odhad časových nákladů na základě výpočtového programu, který se využívá pro určování výrobních a přípravných časů, TPV VÝPOČTY. Dále bude proveden snímek pracovní operace, ze kterého je určen výrobní čas jednotlivých operací a následně proveden

součet. Tyto zjištěné časy nově navržené technologie obrábění budou porovnány s časy původní technologie obrábění.

#### 4.2.1 Pomocí snímku pracovní operace

V tabulce 4.3 je uveden snímek pracovní operace nové technologie obrábění výkovku. Snímek byl prováděn měřicím zařízením a následně časy jednotlivých operací vloženy do tabulky. V tabulce jsou zvýrazněné operace, kterých se týká racionalizace procesu. U změřených časů byla zohledněna výměna nástroje otočením nástrojové hlavy. U soustružnického centra Lynx LM 220 s poháněcími nástroji trvá výměna nástroje s odjetím do bezpečné vzdálenosti 5 sekund.

Poř.č.	Čas postupný [hh:mm:ss]	Čas jednotkový [hh:mm:ss]	Stroj	Název spotřeby času	Strojní čas[s]
1	6:00:00			začátek směny	
2	6:10:00	0:10:00	Lynx LM220	spuštění stroje + kontrola bezpečnostních prvků	
3	6:15:00	0:05:00		prostudování denního plánu výroby	
4	6:15:20	0:00:20	Lynx LM220	upnutí polotovaru do měkkých čelistí	20
5	6:15:40	0:00:20	Lynx LM220	zarovnání čela výkovku – hrubování	20
6	6:17:20	0:01:40	Lynx LM220	přetočení průměru 46,9 – hrubování	100
7	6:17:40	0:00:20	Lynx LM220	hrubování radiusu	20
8	6:18:00	0:00:20	Lynx LM220	kopírování kontury na čisto (čelo, průměr, radius R2)	20
9	6:18:15	0:00:15	Lynx LM220	kopírování radiusu R5,6 na čisto	15
10	6:18:25	0:00:10	Lynx LM220	navrtání pro otvor 4	20
11	6:18:40	0:00:15	Lynx LM220	Vrtání otvoru 4	24
12	6:21:00	0:02:20	Lynx LM220	Kontrola rozměrové přesnosti	140
<b>Součet času výrobní operace</b>					<b>379</b>

Tabulka 4.3 Snímek pracovní operace nově navržené technologie výroby

## 4.2.2 Pomocí programu pro výpočet časů TPV-VÝPOČTY

Do výpočtového programu TPV – VÝPOČTY byly zadány jednotlivé operace nové technologie obrábění výkovku. Na základě zadaných parametrů byly vypočteny výrobní časy. Program TPV-VÝPOČTY je volně ke stažení na webových stránkách, pouze však v základním režimu, kde lze pracovat pouze v režimu soustružení a zadávat se dá maximálně 5 operací. Proto jsem rozepsal výrobní proces do dvou tabulek. Výsledek výrobních časů byl vložen do tabulky a porovnán s časy, které byly změřeny ve snímku pracovní operace. Při porovnání jednotlivých časů je patrné, že časy jsou téměř shodné.

**TPV výpočty 5.4.1 Lite - POUZE PRO NEKOMERČNÍ POUŽITÍ!**

**Soustružení**

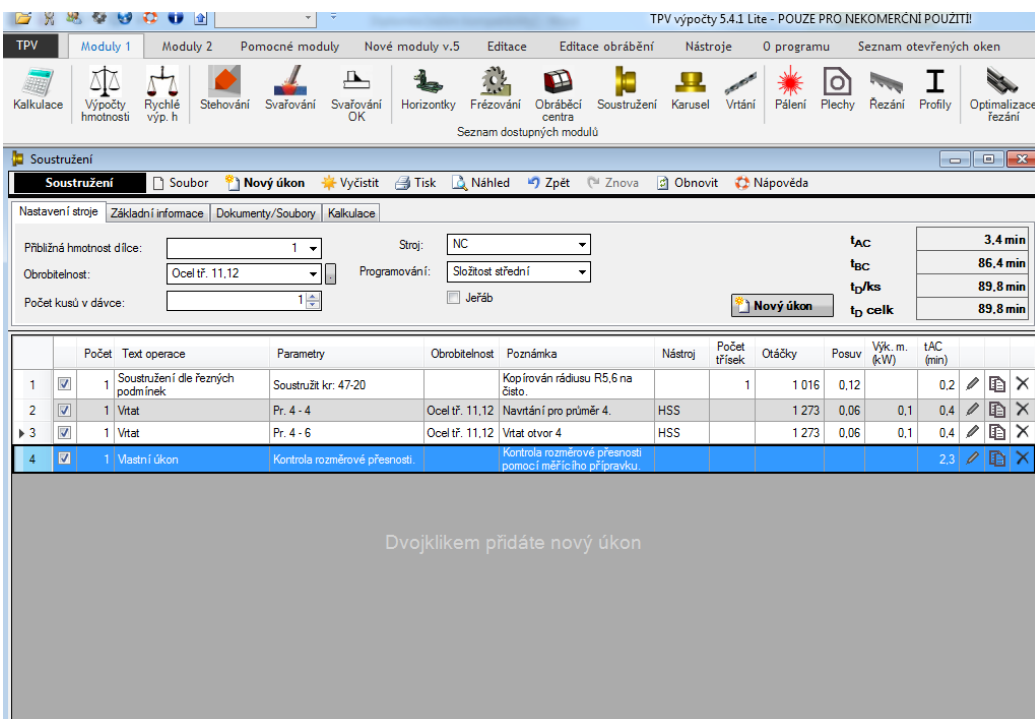
Nastavení stroje | Základní informace | Dokumenty/Soubory | Kalkulace

Přibližná hmotnost dílce: 1 | Stroj: NC | t<sub>AC</sub>: 2.9 min  
 Obrobitelnost: Ocel tří. 11,12 | Programování: Složitost střední | t<sub>BC</sub>: 86.4 min  
 Počet kusů v dávce: 1 | Jeřáb | t<sub>D</sub>/ks: 89.3 min  
 t<sub>D</sub> celk: 89.3 min

	Počet	Text operace	Parametry	Obrobitelnost	Poznámka	Nástroj	Počet třísek	Otáčky	Posuv	Výk. m. (kW)	t <sub>AC</sub> (min)		
1	1	Vlastní úkon	Upnutí výkovku do měkkých čelistí.		Bez nutnosti vyrovnávání výkovku do osy.						0.3		
2	1	Soustružení díle řezných podmínek	Soustružit kr: 73,5-37		Zarovnání čela výkovku, hrubování.		1	866	0.2		0.3		
3	1	Soustružení díle řezných podmínek	Soustružit kr: 47-32		Přetočení průměru 47,5 hrubování.		13	1 355	0.2		1.9		
4	1	Soustružení díle řezných podmínek	Soustružit kr: 47-11		Hrubování rádiusu R5,6		2	948	0.12		0.3		
5	1	Soustružení díle řezných podmínek	Soustružit kr: 46,9-45		Kopírování kontury na čisto (čelo, průměr, rádius R2)		1	1 222	0.15		0.3		

Dvojklikem přidáte nový úkon

Tabulka 4.4 Ukázka snímku při zadávání prvních pěti úkonů do programu TPV VÝPOČTY



Tabulka 4.5 Ukázka snímku při zadávání úkonů do programu TPV VÝPOČTY [16]

Součet časů původní technologie výroby dle programu TPV-VÝPOČTY je 378 sekund. V následující tabulce č.4.6 je porovnání časů změřeného pomocí snímku pracovní operace a časů vypočteného pomocí programu TPV-VÝPOČTY.

Postup	Součet časů původní technologie výroby [s]
<b>Snímek pracovní operace</b>	379
<b>TPV-VÝPOČTY</b>	378

Tabulka 4.6 Přehled součtu časů získaných snímekem pracovní operace a pomocí programu TPV VÝPOČTY u nově navržené technologie obrábění

### 4.3 Porovnání časové náročnosti nové a původní technologie

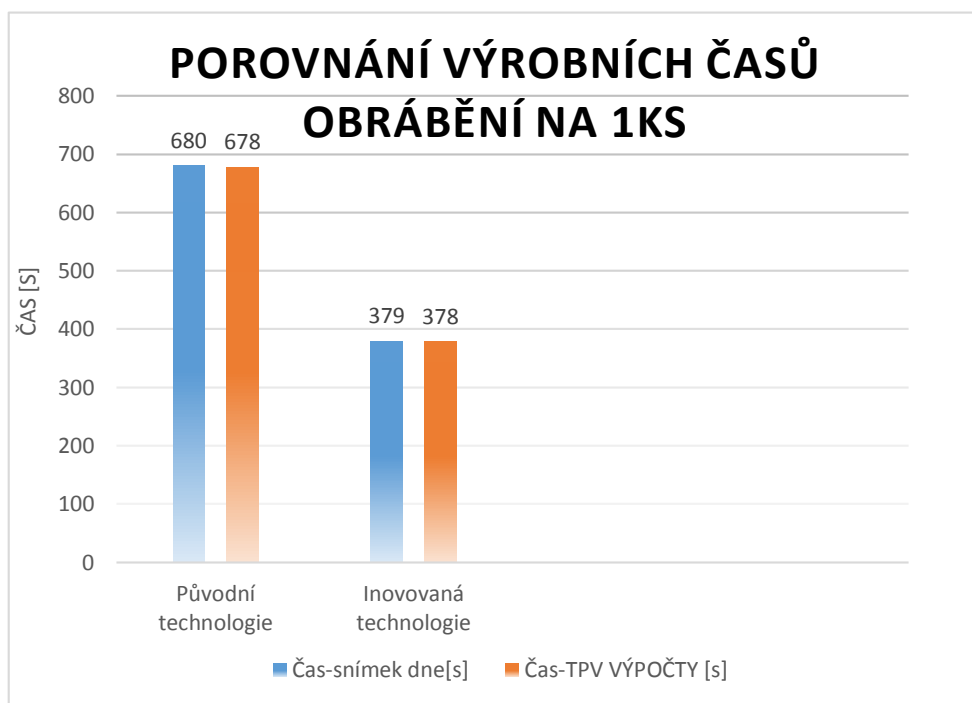
V následující části bude porovnána časová náročnost původní a nové výrobní technologie. Do tabulky 4.7 byly vloženy časy jednotlivých technologií a následně byly porovnány. Dále byl na základě časů vytvořen graf č.3.1 pro lepší znázornění rozdílů jednotlivých časů po zavedení nové technologie obrábění výkovku.



Typ výroby	Čas 1ks-snímek prac. operace [s]	Čas 1ks-TPV VÝPOČTY [s]
<b>Původní technologie</b>	680	678
<b>Inovovaná technologie</b>	379	378

Tabulka 4.7 Porovnání součtu časů potřebných pro výrobu 1 kusu získaných snímkem pracovní operace a pomocí programu TPV VÝPOČTY u původní a u nově navržené technologie obrábění

V grafu xxx je uveden výrobní čas 1 kusu dle původní a nové výrobní technologie.



Graf 4.1 Porovnání časů původní a inovované technologie obrábění

Do tabulky č. 4.8 byly vloženy výrobní časy původní a nově navržené technologie pro 1 a 50kusů a následně porovnány. Vypočtena byla celková časová úspora.

Čas na výrobu	1Ks [s]	50Ks [s]
<b>Původní technologie</b>	680	34 000
<b>Nová technologie</b>	379	18 950
<b>Úspora výrobního času</b>	301	12 540

Tabulka 4.8 Porovnání výrobních časů pro 1ks a pro 50ks u původní a u nově navržené technologie obrábění a časová úspora, které bude docíleno využitím nově navržené technologie.

#### 4.4 Ekonomické zhodnocení nové technologie obrábění

V této části bude provedeno ekonomické zhodnocení s původní a s novou technologií obrábění. Je důležité si uvědomit, že součet časů je pouze orientační. U některých operací se čas může lišit, nebo bude operace úplně vypuštěna. U původní technologie obrábění v operaci č. 5 (viz techn. Postup) vyrovnání kusu z hlediska házivosti se čas může lišit. Záleží na zručnosti obsluhy. U operace č. 15 (v původní technologii) a operace č. 12 (u nové technologie), kdy se jedná o kontrolu rozměrové přesnosti. V tomto případě je měření prováděno každý 3. kus.

##### 4.4.1 Nákladové zhodnocení

Po aplikaci inovační technologie obrábění bylo provedeno nákladové zhodnocení obou technologií a následně porovnáno v tabulkách a grafech. Ostatní režijní náklady, jako například spotřebu elektrické energie, opotřebení stroje, opotřebení měřidel, lze vzhledem k takto malé zakázce zanedbat. U původní technologie obrábění zakázka činila pouhých 5ks, tudíž nebylo možné sledovat opotřebení výměnných břitových destiček. Z tohoto důvodu u nově navržené technologie nebylo opotřebení břitových destiček sledováno. Řezné podmínky byly nastaveny dle doporučení výrobce a opotřebení břitu bylo na jedné zakázce 50ks takové, že nebylo třeba během procesu otáčet ani jednou břit VBD.

V tabulce 4.9 je uvedeno nákladové zhodnocení původní technologie výroby na 1kus, hodinové sazby strojů a pracovníků.

Druh činnosti	Sazba [Kč/min]	Čas stráven na daném stroji [min]	Cena [Kč]
Účtovaná sazba CNC soustruhu Haas SL10	13,333	6,583	87,771
Účtovaná sazba CNC frézovacího centra Haas VF2SS	8,333	4,75	39,581
Účtovaná sazba obsluhy CNC stroje	3	11,333	33,999
Celková cena za 1kus [Kč]	161,351		

Tabulka 4.9 Nákladové zhodnocení původní technologie obrábění pro 1kus.[7]

V tabulce 4.10 je uvedeno nákladové zhodnocení nově navržené technologie výroby na 1kus, hodinové sazby strojů a obsluhy.

<b>Druh činnosti</b>	<b>Sazba [Kč/min]</b>	<b>Čas stráven na daném stroji [min]</b>	<b>Cena [Kč]</b>
<b>Účtovaná sazba CNC soustruhu Lynx LM220</b>	10	6,317	63,17
<b>Účtovaná sazba obsluhy CNC stroje</b>	3	6,317	18,951
<b>Celková cena za 1kus [Kč]</b>	82,121		

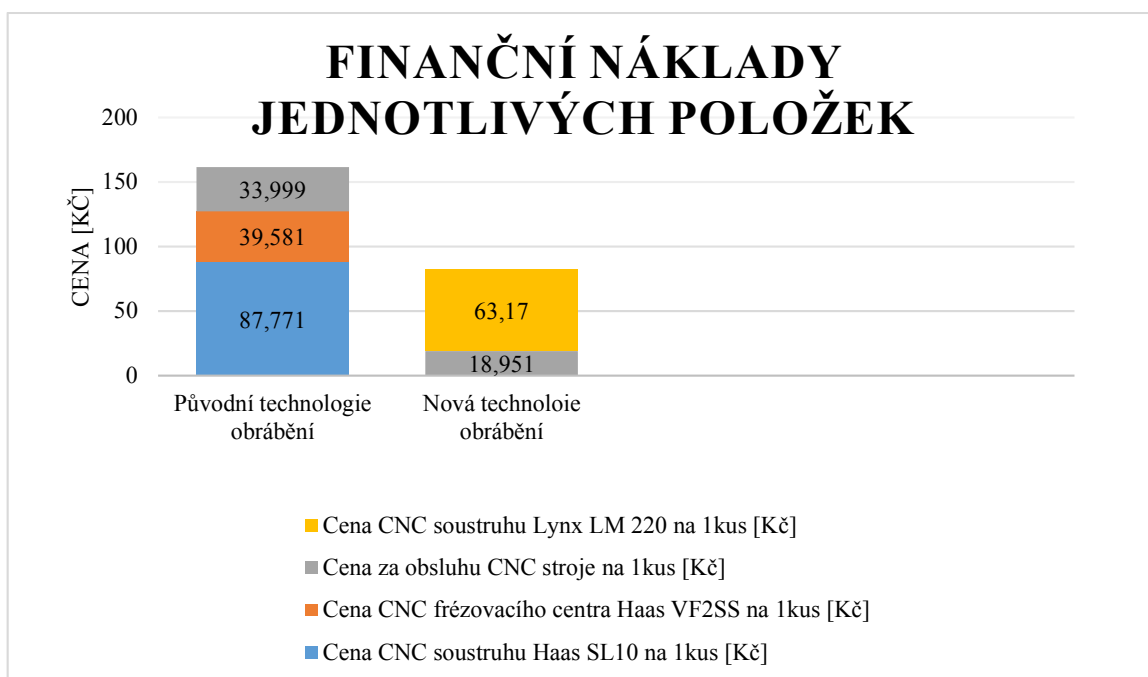
Tabulka 4.10 Nákladové zhodnocení nově navržené technologie obrábění pro 1kus. [7]

Do tabulky č. 4.11 byly vloženy výrobní finanční náklady původní a nově navržené technologie pro 1 a 50kusů a následně porovnány. Vypočtena byla celková finanční úspora.

<b>Finanční náklady na obrábění</b>	<b>1Ks [Kč]</b>	<b>50Ks [Kč]</b>
<b>Původní technologie</b>	161,351	8067,55
<b>Nová technologie</b>	82,121	4106,05
<b>Úspora výrobního času</b>	79,23	3961,5

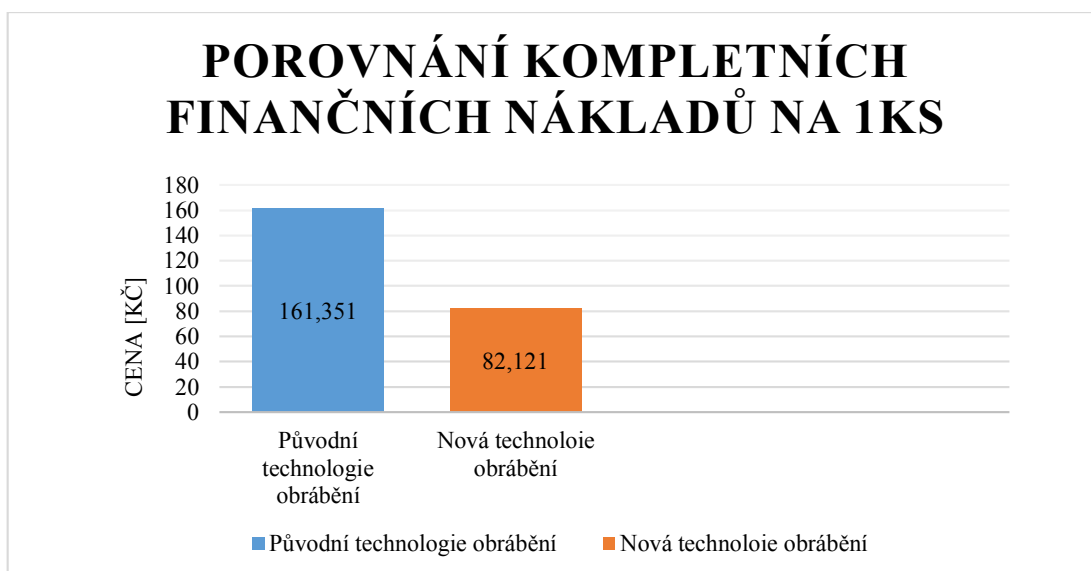
Tabulka 4.11 Porovnání nákladů na obrábění původní a nově navrženou technologií

V grafu 3.2 jsou uvedeny jednotlivé finanční náklady na výrobu 1 kusu dle původní a nové výrobní technologie.



Graf 4.2 Finanční náklady jednotlivých položek obrábění

V grafu 3.3 jsou uvedeny celkové finanční náklady na výrobu 1 kusu dle původní a nové výrobní technologie.



Graf 4.3 Porovnání finančních nákladů původní technologie s finančními náklady nově navržené technologie

#### **4.5 Docílení aplikací nově navržené technologie obrábění**

Nově navrženou technologií obrábění výkovku OKO PEWAG je docíleno časové úspory na **1ks** výkovku celkem **5minut** výrobního času a v případě zakázky **50ks** je docíleno úspory celkem **251minut**. Po finanční stránce dojde k úspoře na **1kus celkem 79Kč** a v případě zakázky **50 kusů** dojde k úspoře celkem **3961Kč**.

## 5 Závěr

Cílem této práce bylo vypořádat nedostatky při původní technologii obrábění výkovku OKO PEWAG. Následně navrhnout opatření, které by vedlo ke snížení výrobních nákladů vlivem snížení časové náročnosti výroby. Tím by se zvýšila výnosnost a zkrátily by se výrobní časy.

Bylo provedeno zkoumání původní technologie spolu s pořízením snímku pracovní operace. Ze snímku byl určen výrobní čas původní technologie, kterým jsem se řídil při následném porovnávání efektivnosti nové technologie obrábění.

Na základě změřených časů a prozkoumáním původní technologie obrábění jsem navrhl některá opatření, která by dle mého názoru vedla ke snížením výrobních nákladů a zvýšení kvality rozměrové přesnosti. Dále byl navržen technologický přípravek pro snazší a přesnější ověřování rozměrové přesnosti.

Následně byla provedena aplikace navrhnutých technologických řešení. Po aplikaci byl vytvořen snímek pracovní operace, ze kterého bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení a porovnání s časy, které byly změřeny odvozeny ze snímku původní pracovní operace. Dále pro výpočet časové náročnosti byla využita zkušební verze výpočtového programu TPV VÝPOČTY, který firma L.K.F kovo plánuje zakoupit v plné verzi. V závěru byly porovnány časy zjištěné snímkem časové operace s časy zjištěnými pomocí výpočtového programu TPV VÝPOČTY. Byl sestaven graf pro lepší porovnání výrobních časů a následně vypočítány finanční náklady, které se vlivem aplikace nové technologie obrábění ušetří.

Porovnáním časů zjištěných pomocí snímku pracovní operace s časy zjištěnými programem TPV VÝPOČTY byl vyvozen závěr o věrohodnosti a přesnosti výpočtů programu. Proto firmě L.K.F. Kovo doporučuji zakoupení plné verze výpočtového programu TPV VÝPOČTY. Program bude užitečný při tvorbě cenových nabídek pro zákazníky, kteří zašlou poptávku na obrábění některých součástí.

Aplikací navrhnuté inovované technologie obrábění spolu s využitím navrhnutých technologických přípravků a vybavení došlo k urychlení výrobního procesu o téměř 45%, což po finanční stránce znamená úsporu na jednom obráběném kusu téměř 78kč. K nejvýraznějšímu ušetření došlo eliminací operace ustavování výkovku do tvrdých čelistí sklíčidla (viz techn.postup op.) díky využití měkkých čelistí a výroby dorazového přípravku pro snazší upnutí.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] Vnitropodniková literatura PEWAG s.r.o.
- [2] HRUBÝ, Vojtěch. *Vlastnosti výrobků z tvářených ocelí*. Ostrava: Kovosil, 2012. ISBN 978-80-903694-7-4.
- [3] DE VOS, Patrick a Jan-Eric STÅHL. *Obrábění kovů: Teorie v praxi*. 2. vydání. Fagersta. Secco Tools AB, 2014.
- [4] Kovonastroje. 2017. *Britové destičky* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.kovonastroje.cz/Nastroje-pro-kovoobrabeni/Soustruzeni/Soustruznicke-noze-a-VBD/Britove-desticky/>
- [5] *WNT nástroje* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.wnt.com/cz/nastroje/soustruzeni.html>
- [6] *HAAS* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: [http://int.haascnc.com/download\\_brochures.asp?intLanguageCode=1033](http://int.haascnc.com/download_brochures.asp?intLanguageCode=1033)
- [7] Vnitropodniková literatura L.K.F. Kovo s.r.o.
- [8] KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [9] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [10] JURKO, Jozef, Jozef ZAJAC a Robert ČEP. *Top trendy v obrábění*. II./VI. část, Nástrojové materiály. Žilina: Media/ST, 2006. ISBN 80-968954-2-7.
- [11] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 1. díl, Metody, stroje a nástroje pro obrábění. Praha: Scientia, 2000. ISBN 80-7183-207-3.
- [12] BUMBÁLEK, Leoš. *Kontrola a měření: pro SPŠ strojní*. Praha: Informatorium, 2009. ISBN 978-80-7333-072-9.
- [13] Lynx 220LM. © 2015. *MILLS CNC* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.millscnc.co.uk/product/22/198/lynx-series.html>
- [14] [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Applications.aspx?mapp=IS>
- [15] HSS. 2015. *Guehring* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: [http://www.guehring.cz/data/produkty/de\\_47.pdf](http://www.guehring.cz/data/produkty/de_47.pdf)

[16] *TPV-VÝPOČTY* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z:  
<https://www.rjurecek.cz/tpv-vypocty/>



## **Seznam příloh**

Příloha č. 1: Technologický postup výroby dorazu

Příloha č. 2: Výkres výkovku OKO PEWAG č. 17567-4

Příloha č. 3: Výkres výkovku OKO PEWAG č. 17565-4

Příloha č. 4: Výkres výkovku OKO PEWAG č. 20609

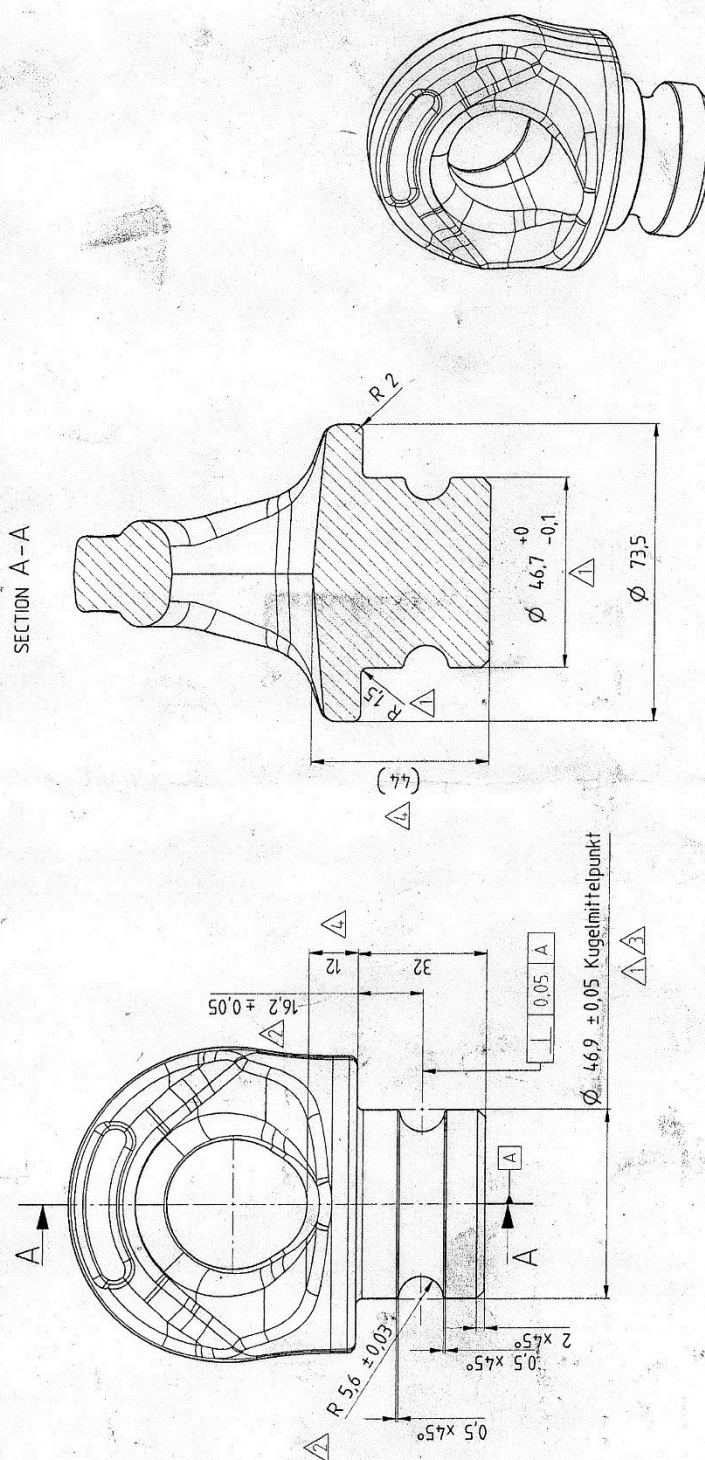
### Příloha č. 1: Technologický postup výroby dorazu

Č. Op.	Popis práce	Stroj	Nástroj, měřidlo	Poznámky
1.	Řezat materiál S235JR $\phi 40$ s přídavkem 2mm na opracování na délku L-72mm	Automatická pila PEGAS 240x280 A-CNC-R	Posuvné měřítko	
2.	Upnutí polotovaru do tříčelistového sklíčidla soustruhu	Klasický soustruh TOS SV18R	Tvrdé upínací čelisti	
2.1	Zarovnání čela + sražení hran 0,5x45°.	Klasický soustruh TOS SV18R	Čelní stranový ubírací nůž AKKO TWLNR 2020 K08	n = 710 min <sup>-1</sup> ap = 1mm f = 0,18mm
2.2	Otočení obrobku a upnutí do čelistí	Klasický soustruh TOS SV18R		x
2.3	Zarovnat čelo + soustružit osazení průměr 20 na délku 30	Klasický soustruh TOS SV18R	Čelní stranový ubírací AKKO TWLNR 2020 K08	ap = 1 mm n = 710 min <sup>-1</sup> f = 0,18 mm
2.4	Navrtání osazení	Klasický soustruh TOS SV18R	CNC navrtávák $\phi 10$	n = 1120 min <sup>-1</sup>
2.5	Vrtání otvoru průměr 8,5 pro závit M10 do hloubky 30mm	Klasický soustruh TOS SV18R	HSS vrták $\phi 8,5$ od výrobce Guhring	n = 1120 min <sup>-1</sup>
2.6	Řezat závit M10 do hloubky 20mm	Klasický soustruh TOS SV18R	Strojní závitník NAREX do slepého otvoru M10 sh6	n = 180 min <sup>-1</sup>

Č. Op.	Popis práce	Stroj	Nástroj, měřidlo	Poznámky
3	Upnutí polotovaru do svěráku frézky	Frézovací CNC centrum Haas VF2-SS		
3.1	Frézovat vybrání do hloubky 12mm	Frézovací CNC centrum Haas VF2-SS	Stopková fréza SECO s VBD $\phi 20$	$a_p = 2 \text{ mm}$ $v_c = 220 \text{ m/min}$ $n = 2500 \text{ min}$
3.2	Frézovat rádius R39 dle dokumentace	Frézovací CNC centrum Haas VF2-SS	Stopková fréza SECO s VBD $\phi 20$	$a_p = 2 \text{ mm}$ $v_c = 220 \text{ m/min}$ $n = 2500 \text{ min}$
4	Navařit do vybrání kostku.	Inventorová svařovací stanice ESAB	Rutilová elektroda 2,5mm	
5	Osoustružit přebytečný materiál tak, aby byl vnější průměr 40 mm.	Klasický soustruh TOS SV18R		$a_p = 1 \text{ mm}$ $n = 710 \text{ min}$ $f = 0,18 \text{ mm}$

Vlastní zpracování podle [7]

## Příloha č. 2: Výkres výkovku OKO PEWAG č. 17567-4



10/10/10

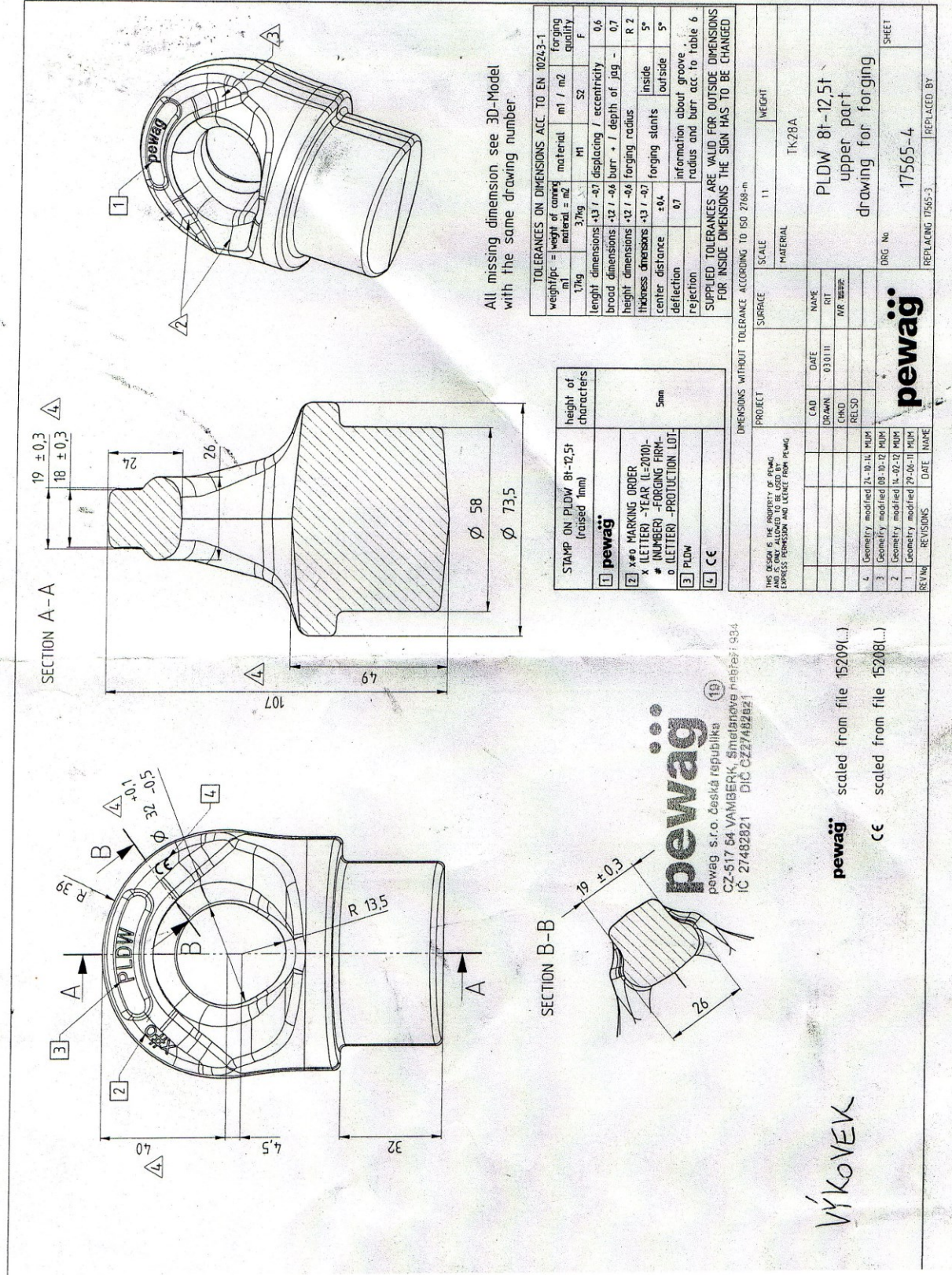
owag s.r.o. česká republika  
CZ-517 54 VAMBERK, Smetanovo náměstí 934  
IC 27482821 DIC CZ27482821

OBRAŽENÍ

[illegible]



Příloha č. 3: Výkres výkovku OKO PEWAG č. 17565-4





**Příloha č. 4: Výkres výkovku OKO PEWAG č. 20609**

